

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA

MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ RAMOS

ANDRÉS FELIPE SERNA TREJOS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA POR CICLOS PEREIRA

2015

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA

MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ RAMOS

ANDRÉS FELIPE SERNA TREJOS

Trabajo de grado para optar a título de Tecnólogo en Mecatrónica

Modalidad:

Proyecto en la Línea de Investigación en Automatización Industrial

Director Ingeniero Gabriel Pineda Muñoz

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA POR CICLOS PEREIRA

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

Pag:

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2. CAPÍTULO II: FUNCIONAMIENTO DE UN MÁQUINA MANUAL DE SERIGRAFÍA TIPO PULPO.....	12
3. CAPÍTULO III: SISTEMA DE CONTROL	14
3.1 DEFINICIONES BÁSICAS.....	14
3.2 ETAPAS EN LA REALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA TIPO PULPO.....	16
4. CAPÍTULO IV PROGRAMA EN PLC, DISEÑO Y SIMULACIÓN.....	31
4.1 VARIABLES DE CONTROL.....	31
4.2 ENTORNO GRÁFICO.....	36
4.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN EMPLEADO.....	42
4.4 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN.....	51
5. CAPÍTULO V: COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA TIPO PULPO.....	85
5.1 LISTADO DE COMPONENTES.....	85

5.2 ESQUEMA DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.....	88
6. CAPÍTULO VI: SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL OPERARIO.....	90
7. PRESUPUESTO.....	91
8. CONCLUSIONES.....	92
9. BIBLIOGRAFÍA.....	93
10. ANEXO 1: PLANOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA	
11. ANEXO 2: SIMULACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cilindro de simple efecto tipo “dentro”.....	7
Figura 2. Cilindro de doble efecto.....	8
Figura 3. Rueda de ginebra de seis posiciones.....	9
Figura 4. Representación esquemática válvula 4/2 vías.....	10
Figura 5. Sensor final de carrera.....	10
Figura 6. Estructura de un PLC.....	11
Figura 7. Movimiento del operario durante la operación de la máquina de Serigrafía.....	17
Figura 8. Movimiento del operario durante la operación de la máquina de Serigrafía.....	17
Figura 9. Vista superior de la máquina de serigrafía.....	18
Figura 10. Vista lateral de la máquina de serigrafía.....	18
Figura 11. Esquema de ubicación de las estaciones de trabajo.....	21
Figura 12. Esquema de ubicación de los sensores.....	26
Figura 13. Esquema de ubicación de los sensores de posición del Cilindro.....	32
Figura 14. Visualización de la simulación realizada en CODESYS.....	37
Figura 15. Panel de control.....	39
Figura 16. Sistema de estampado.....	40
Figura 17. Movimiento de la máquina.....	41
Figura 18. Representación de etapas en GRAFCET.....	43
Figura 19. Representación las líneas de evolución en GRAFCET.....	43
Figura 20. Representación las transiciones en GRAFCET.....	45
Figura 21. Cilindro de doble efecto.....	49
Figura 22. Esquema de las entradas y salidas del PLC THINGET.....	92
Figura 23. Esquema de la conexión de la red neumática.....	94

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Variables empleadas en la programación del PLC.....	41
Tabla 2: Presupuesto.....	94

RESUMEN

El siguiente documento pretende mostrar el desarrollo del proyecto titulado “Diseño de la automatización de una máquina de serigrafía”, en este se plasman los aspectos más importantes de este diseño, los cuales son la programación del controlador, los componentes electro neumáticos que lo componen y los planos del montaje de la automatización de la máquina de serigrafía.

INTRODUCCIÓN

La primera máquina de serigrafía se origina en el oriente, más exactamente en China y Japón, donde se utilizan hojas de plátano recortadas con diseños; estas hojas se colocan sobre las prendas y se utilizan tintas vegetales para estampar dichos diseños. En Europa, en el año 1600, se utilizan cabellos de mujeres muy tensados con un marco rectangular como plantillas para los diseños a estampar.

Más tarde, a inicios del siglo XX, se utilizan en Estados Unidos plantillas de papel engomado, pegadas sobre algodón y cosidas a una especie de lona, que se tensan sobre un marco de madera y se sujetan con cordones o grapas, teniendo lista la plantilla, se coloca debajo la prenda de tela y encima la tinta, con un cepillo de madera o goma, se arrastra y se presiona la tinta sobre la plantilla, estampando así la imagen sobre la prenda de tela.

La primera máquina de serigrafía moderna la diseñó Samuel Simon y Jhon Pilsworth entre los años 1907 y 1915, y la primera máquina de serigrafía fue construida por E. A. Owens en 1920¹.

Empresas de talla internacional especializadas en máquinas, insumos y repuestos de serigrafía como PANNON, LCH, OMSO, SGIA, son líderes en la construcción y venta de máquinas automáticas de serigrafía, gracias a estas empresas comienza la era de la automatización del proceso de serigrafía.

En Colombia la serigrafía se popularizó en las décadas de los 60 y 70, con pequeños talleres familiares en donde el proceso era algo rudimentario. Pero a partir de la década de los 90 comenzó un cambio en la forma en que se trabajaba la serigrafía, ya que comenzaron a adquirir máquinas de serigrafía más

¹ Tomado de SERIGRAFÍA <http://es.scribd.com/doc/52973977/TRABAJO-DE-IMPRESIONES-EXAMEN-SEMESTRAL>

avanzadas, y aunque el proceso seguía siendo mayormente manual, la productividad aumentaba con la tecnología de la máquina.

Las máquinas de serigrafía automática sólo requieren de un operario que la programe y que coloque y retire las prendas a estampar, ya que es esta quien se encarga del trabajo de adherir las tintas y secar la prenda en el horno. Estos equipos eran totalmente manuales, aunque nuestro país la gran mayoría de talleres o empresas de serigrafía todavía utilizan equipos manuales de estampado, dado que un equipo de serigrafía automático es muy costoso y escaso en el mercado colombiano. Los tipos de máquinas de serigrafía más comúnmente automatizados son la prensa cilíndrica y en mayor cantidad el Pulpo de serigrafía.

Actualmente el estampado sobre tela en Colombia se realiza de manera manual por uno o varios operarios que deben someterse a un ambiente caluroso y contaminado por las tintas del estampado que contienen químicos nocivos para la salud y los residuos de telas. Los operarios sufren de agotamiento físico por el trabajo constante y repetitivo por lo cual pueden cometer errores que alteran la calidad del producto final. Todos estos factores influyen en la poca eficiencia del proceso.

Durante el proceso de serigrafía manual, el operario se ve expuesto a riesgos en su salud debido a las tintas artificiales. Algunos de estos riesgos son:

- Dermatológicos: Dermatitis, por alergia o irritación ante el contacto con diversos materiales o contacto con los químicos de las tintas textiles.
- Pulmonares: Problemas pulmonares ante la inhalación de polvo y fibras de algodón, lino, cáñamo. Inhalación de gases y vapores desprendidos en el

proceso de estampado (ácido acético, ácido fórmico, amoníaco y colorantes.)²

Con la automatización del estampado de telas, el operario ya no debe estar en contacto con estas sustancias perjudiciales para la salud, por lo cual aumenta su calidad de vida y protege su salud.

En el proceso manual de estampado de telas, se pueden estampar un promedio de 300 prendas diarias, se calcula un tiempo aproximado de 1 minuto estampando una sola camiseta. Con una máquina de serigrafía automática, se estima un tiempo aproximado de medio minuto estampando una camiseta, es decir, unas 600 prendas diarias, aumentando la eficiencia del proceso en un 100%.

El objetivo general de este proyecto es diseñar la automatización para una máquina de serigrafía tipo pulpo, de tal manera que aumente la eficiencia del proceso y proteja la salud del operario.

Los objetivos específicos son:

- Identificar los mecanismos que componen la máquina de serigrafía manual.
- Identificar y seleccionar los sensores y materiales adecuados para la automatización de la máquina de serigrafía.
- Diseñar y simular el circuito de control para la automatización de la máquina de serigrafía y la programación en PLC.

La metodología seguida para el desarrollo del proyecto inicia con una visita técnica a un reconocido taller de estampado de telas, donde se identifican los

² Tomado de “Riesgos en el sector textil”
http://www.maz.es/ES/Prevencion/Documents/publicaciones/trip_cuad/15_riesgos-en-el-sector-textil.pdf

componentes mecánicos de la máquina de serigrafía y se analizan dichos componentes, es decir, cómo es el funcionamiento de la máquina debido a estos componentes. Teniendo estos, se estudia el papel que cumple cada pieza de la máquina y con qué otro tipo de elementos pueden ser remplazados las piezas para su automatización. Se lleva registro fílmico y fotográfico.

Se analiza la función del operario para el proceso de estampado de telas, con esto se buscan los sensores y los materiales que permiten la automatización del estampado de las prendas de tela.

Se utiliza un software especial para el diseño y simulación de la programación en PLC de la automatización de la máquina.

En un software especial se diseñan y se simulan los planos eléctricos y electrónicos del sistema de control que automatice las funciones del operario.

Se plantean los planos electro neumáticos de acuerdo a los componentes elegidos para la automatización y el sistema de control diseñado. Posteriormente se simula su funcionamiento en un software especial.

Ya teniendo los diseños del sistema de control para la automatización de la máquina de serigrafía, se diseñan los planos para el montaje de la automatización de la máquina de serigrafía.

1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Serigrafía (Del fr. *sérigraphie*, reducción de *séricigraphie*, y este del lat. *sericum*, seda, y el fr. *-graphie*, *-grafía*). Procedimiento de estampación mediante estarcido a través de un tejido, en principio seda, por la que un escobillín hace pasar la tinta o pintura. Se imprime sobre cualquier material, como papel, tela, metal, cerámica, etc.³

Las máquinas de serigrafía textil son mayormente máquinas tipo pulpo. Los cuerpos impresores y las bases de impresión son giratorios y se disponen alrededor de un eje central. Las máquinas de serigrafía son principalmente compuestas por tres secciones:

1. Entrada: es la parte por donde se introducen las prendas a imprimir.
2. Cuerpo impresor: El cuerpo impresor de la máquina serigráfica está compuesto de: Pantalla, Escobillín, Base de impresión.
3. Salida: La salida es la zona de máquina donde se recibe la prenda ya impresa.⁴

Esta máquina de serigrafía se automatiza por medio de un circuito electro neumático controlado por un PLC.

El circuito electro neumático está compuesto esencialmente por Actuadores neumáticos lineales, Sensores, Electroválvulas, un PLC y las Fuentes de energía neumática y eléctrica

Los actuadores neumáticos son dispositivos que utilizan aire comprimido para producir un trabajo o un movimiento, estos actuadores reemplazan el trabajo realizado por el operario de la máquina. “El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros

³ Tomado de REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Diccionario de la lengua española <http://lema.rae.es/drae/?val=serigraf%C3%ADa>

⁴ Tomado de SISTEMA IMPRESIÓN SERIGRAFÍA <http://cemeyeka.com/imagenes/serigrafia.pdf>

de émbolo. También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos).”⁵

Los cilindros de embolo se pueden clasificar en cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto

“Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera” ⁶

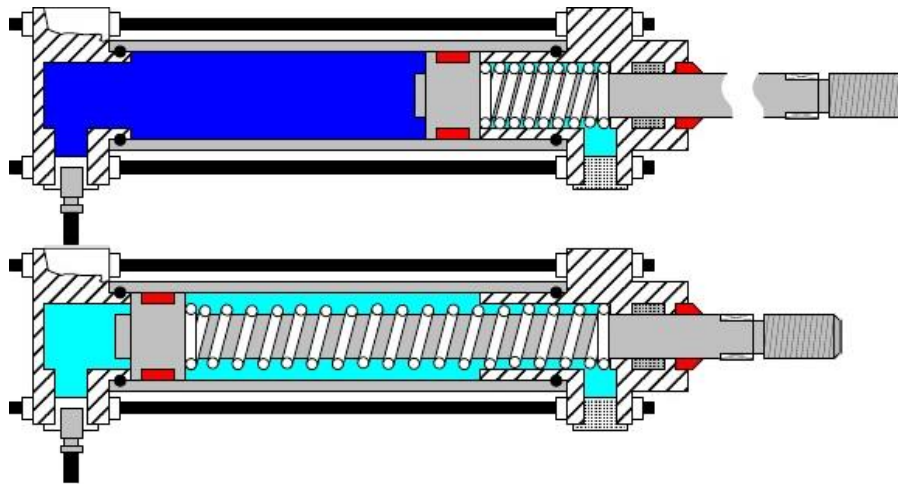


Figura 1. Cilindro de simple efecto tipo “dentro”

“Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a

⁵ Tomado de ACTUADORES NEUMÁTICOS.
<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>. Página 7

⁶ Tomado de ACTUADORES NEUMÁTICOS
<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>, Página 8

que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos”⁷

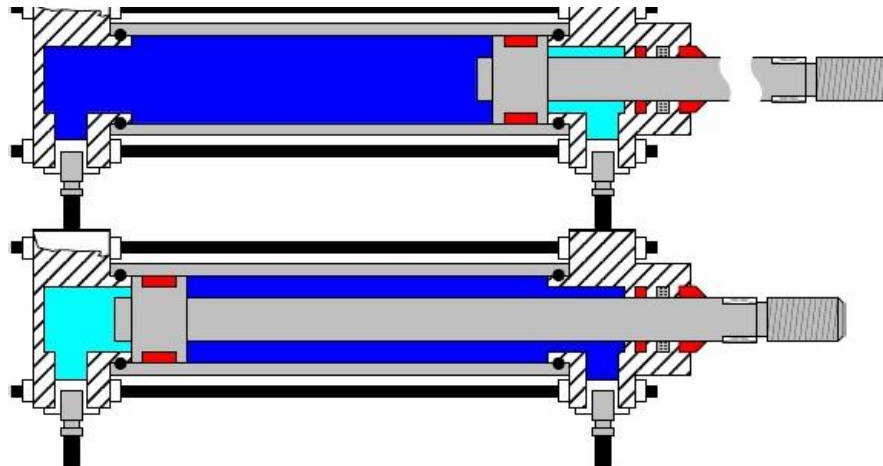


Figura 2. Cilindro de doble efecto

Para la automatización del movimiento rotativo del eje central de la máquina de serigrafía tipo pulpo, se utiliza un motor eléctrico que mueve una cruz de malta o rueda de ginebra de seis posiciones

“La rueda de Ginebra, también conocida como cruz de Malta, es un mecanismo que convierte un movimiento circular continuo en un movimiento circular intermitente. Consiste en un engranaje donde la rueda motriz tiene un pivote que alcanza un carril de la rueda conducida y entonces avanza un paso. La rueda motriz dispone además de un bloque circular que le permite completar el giro manteniendo la rueda conducida bloqueada⁸”.

⁸ Tomado de <http://hectortorresgallery.blogspot.com.co/2014/10/como-realizar-una-rueda-de-ginebra-de-4.html>

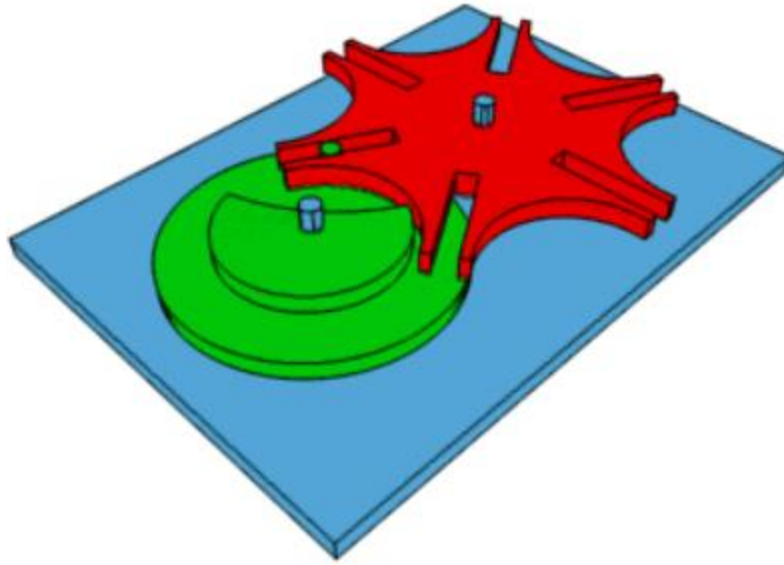


Figura 3. Rueda de ginebra de seis posiciones

Otra parte importante del circuito electro neumático son las electroválvulas, es decir, válvulas que permiten o no el paso del aire comprimido hacia los actuadores accionadas por pulsos eléctricos. “Las electroválvulas resultan del acoplamiento de un sistema electromecánico (solenoide –electroimán de accionamiento) a una válvula de distribución neumática elemental convirtiéndola a una de accionamiento eléctrico”⁹.

Estas pueden ser 2/2 vías, 3/2 vías, 4/2 vías, 5/2 vías, entre otras, donde el primer número indica la cantidad de vías tanto de entrada como de salida, y el segundo número la cantidad de posiciones.

⁹ Tomado de <http://es.scribd.com/doc/23721358/electroneumatica-basica>

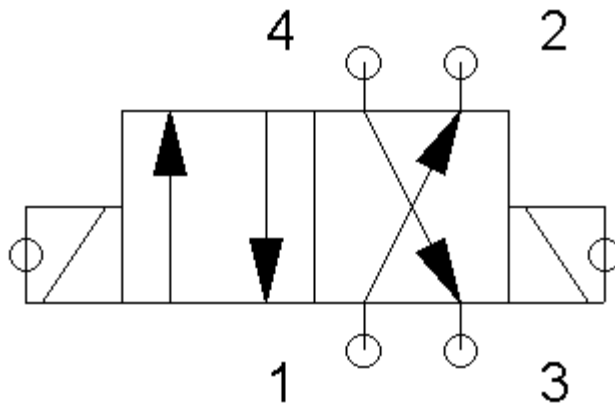


Figura 4. Representación esquemática válvula 4/2 vías

El accionamiento eléctrico de las electroválvulas se realiza mediante los solenoides ubicados a cada lado de la válvula, con un voltaje de 24 V DC.

Los sensores para el control del proceso, son sensores finales de carrera, “este grupo de interruptores electro-mecánicos, se basa en los dispositivos con contactos físicos, que realizan la conexión o desconexión, a partir de accionamientos mecánicos”¹⁰



Figura 5. Sensor final de carrera

¹⁰ Tomado de SENSOR FINAL DE CARRERA
<http://www.seguridadenmaquinas.com/pdfs/finalcarrera.pdf>

Para el control de los actuadores electro neumáticos se emplea un PLC (por sus siglas en inglés "*Programmable Logic Controller*" *Controlador lógico programable*)

Un PLC es un dispositivo electrónico programable destinado a gobernar máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales. Este reemplaza la lógica de relés para el comando de máquinas incluyendo temporizadores y contadores electromecánicos, provee controles de LA y/o LC, Interface computador/proceso, control y comando de tareas repetitivas o peligrosas, detección de fallas y manejo de alarmas y regulación de aparatos remotos, entre otras opciones.¹¹

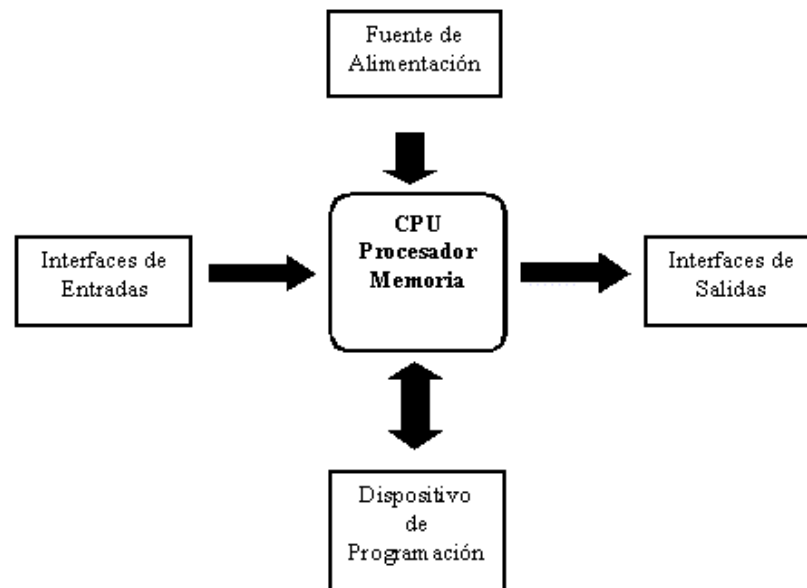


Figura 6. Estructura de un PLC¹²

De acuerdo a la programación del PLC, las señales de entrada, es decir, las señales eléctricas arrojadas por los sensores finales de carrera, generan ciertas

¹¹ Tomado de ¿Qué es un PLC?
[http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo\(PLC\).pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo(PLC).pdf)

¹² Tomado de ¿Qué es un P.L.C.?
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

señales de salida para el accionamiento de las electroválvulas, y estas, a su vez, accionan los actuadores neumáticos.

Para la simulación del sistema de control se emplean varios software especializados, uno de estos destinado para simular el circuito electro neumático, otro para la simulación del circuito electrónico y eléctrico y uno más para programar y simular la programación de un PLC.

2. CAPÍTULO II: FUNCIONAMIENTO DE UN MÁQUINA MANUAL DE SERIGRAFÍA TIPO PULPO

Una máquina de serigrafía del tipo pulpo es un dispositivo que estampa un diseño predeterminado por plantillas sobre una prenda. Consiste en un conjuntos de tres mesas de impresión equidistantes que rotan sobre un eje central, en estas mesas se coloca la prenda a estampar. En la parte superior del eje central hay tres marcos estáticos con los diseños predeterminados y tintas especiales para estampar las piezas, además de un horno de secado directamente detrás de los marcos.

El proceso manual se realiza haciendo girar los brazos del pulpo, es decir, el conjuntos de tres mesas, y se ejecuta la siguiente secuencia de pasos:

1. Preparar de la máquina de serigrafía (limpiar, colocar los marcos, engomar, calentamiento de las mesas)
2. Colocar las prendas sobre las mesas de estampado.
3. Se baja manualmente el primer marco hasta quedar sobre la prenda.

4. Con un escobillín, un operario adhiere la tinta con el diseño predeterminado del marco a la prenda.
5. El pulpo con las mesas se gira por el operario en sentido horario, llevándose la primera mesa a una zona de reposo y trayendo la segunda mesa para colocar y estampar la segunda prenda siguiendo los mismos pasos de la primera prenda.
6. El operario gira de nuevo el pulpo con las mesas, llevando la primera mesa a un horno para el secado de la tinta.
7. El pulpo con las mesas se gira en sentido horario una vez más, llevando la primera prenda a la zona de enfriamiento.
8. Si es necesario, el operario baja de nuevo el primer marco para adherir las capas de tinta necesarias para estampar la prenda, cuando no necesita más capas, se baja el siguiente marco con otro diseño y color de tinta e inicia de nuevo el proceso hasta que la prenda tenga el estampado completo.

3. CAPÍTULO VI: SISTEMA DE CONTROL

3.1 Definiciones básicas

- Sistema: es la combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo.
- Variable de entrada: es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.
- Variable de salida: es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.
- Perturbación: es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.
- Sistema de control: Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control
- Sistemas de control en lazo cerrado: Conocido también como control retroalimentado. Son aquellos en los que la señal de salida (variable controlada) se retroalimenta al sistema, por lo cual esta señal de salida tiene algún efecto sobre la acción de control (variable de control). En este sistema se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).

Estos sistemas pueden ser manuales (controlador operador humano) o automáticos (dispositivo controlador)

Una de las desventajas de este sistema es sobre su estabilidad, ya que si el controlador no está bien ajustado puede tener tendencia a sobre corregir errores, que pueden llegar a producir en la salida del sistema oscilaciones de amplitud creciente llegando a hacer inestable el sistema.

- Sistemas de control en lazo abierto: son aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).

Se caracteriza por que no se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia), para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada y la exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador. A demás en presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (timedrive). Se programa utilizando PLCs (controladores de lógica programable).

La máquina de serigrafía tiene procesos secuenciales que pueden ser controlados por un PLC, por lo cual el sistema de control empleado es en lazo abierto.

3.2 Etapas en la realización del sistema de control en lazo abierto para la automatización de la máquina de serigrafía tipo pulpo

En esta etapa se evalúan ciertos criterios para realizar el sistema de control, los puntos a evaluar son los siguientes:

- Análisis del sistema que se quiere controlar y objetivos del control
- Variables de salida.
- Variables de control.
- Posibles perturbaciones
- Situaciones peligrosas
- Procedimientos de arranque y parada
- Evaluar el diseño del sistema de control, utilizando herramientas de simulación.

3.2.1 Análisis del sistema que se quiere controlar y objetivos del control

Para la solución de este ítem, se realiza una visita técnica al importante taller de serigrafía de la región “Screen Color” ubicado en el barrio Guadalupe de la ciudad de Dosquebradas, con el fin de analizar el sistema a controlar.

Para registrar el proceso de estampado realizado por los operarios del taller, se toman varias fotografías y un video, algunas de estas fotografías se muestran a continuación:



Figura 7. Movimiento del operario durante la operación de la máquina de serigrafía



Figura 8. Movimiento del operario durante la operación de la máquina de serigrafía



Figura 9. Vista superior de la máquina de serigrafía



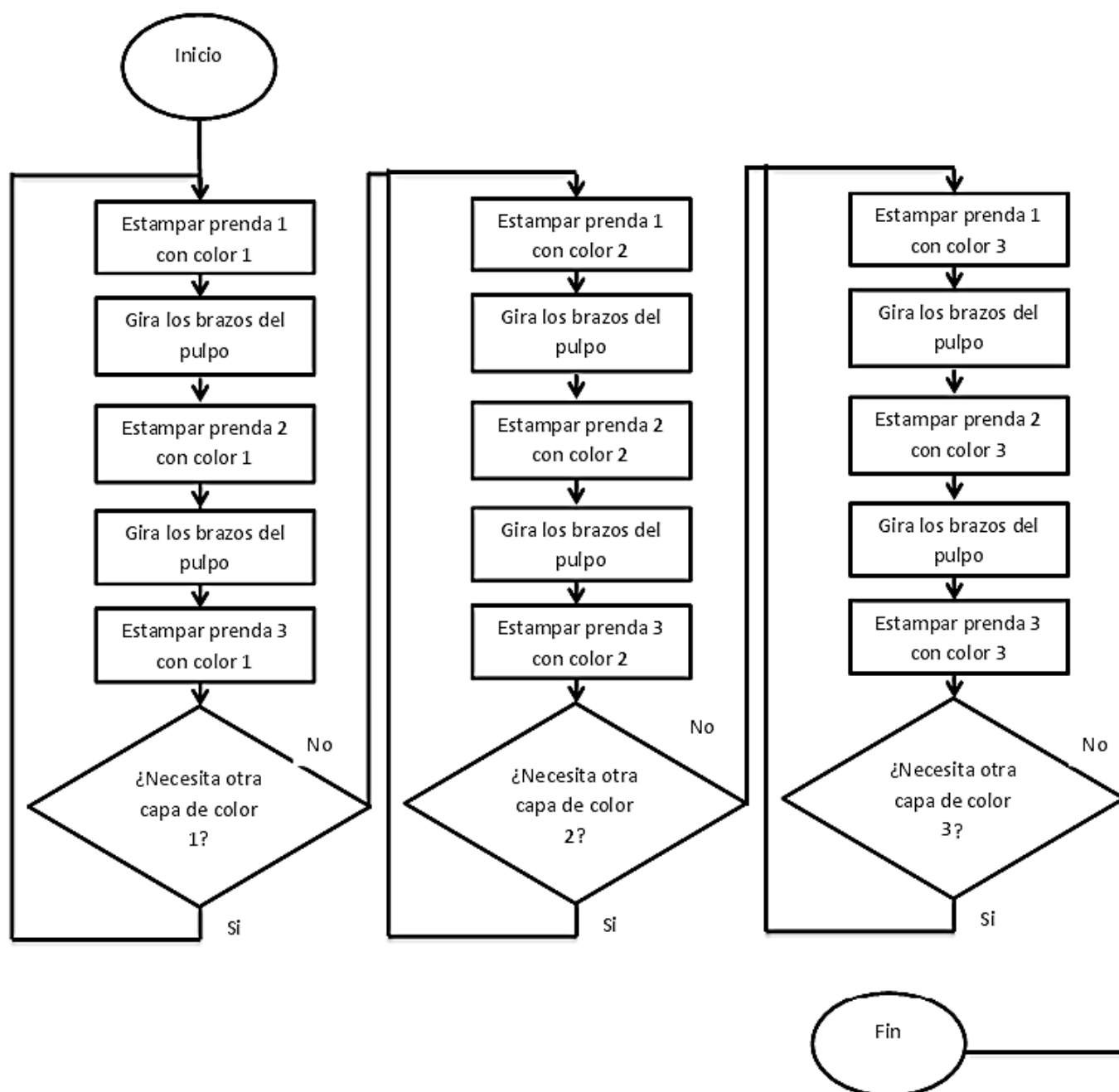
Figura 10. Vista lateral de la máquina de serigrafía

Se encuentra entonces que los operarios de este taller realizan una serie de operaciones de manera secuencial para realizar el estampado de las prendas. Los pasos que realizan luego de ubicar la prenda en el lugar determinado son:

- 1) Bajar el marco hasta quedar sobre la prenda.
- 2) Pasar el escobillín hasta adelante y hacia atrás.
- 3) Subir de nuevo el marco a su posición original.
- 4) Girar la mesa donde se encuentra la prenda.
- 5) Ubicar la segunda prenda y repetir el proceso.

Se observa entonces que se pueden estampar hasta tres prendas al mismo tiempo, y que para cada prenda se pueden requerir uno o más colores de tinta, e incluso una o más capas del mismo color o de cada color.

Para visualizar este proceso de manera más sencilla, a continuación se muestra un diagrama de flujo que representa la secuencia realizada por los operarios del taller de serigrafía.



A demás del análisis descrito en el diagrama de flujo, se observa también que entre cada color aplicado, ya sea de otra capa del mismo color u otro color diferente, para cada prenda debe haber un tiempo de reposo, que es donde se esperan aproximadamente 5 segundos a que la tinta penetre bien el tejido, posteriormente un proceso de secado con un horno ubicado en la parte posterior de la máquina de serigrafía, y finalmente un tiempo de enfriado que son aproximadamente unos 5 segundos.

La ubicación de estas estaciones adicionales y de las estaciones de los tres colores, ya antes mencionadas, se muestran en el siguiente esquema:

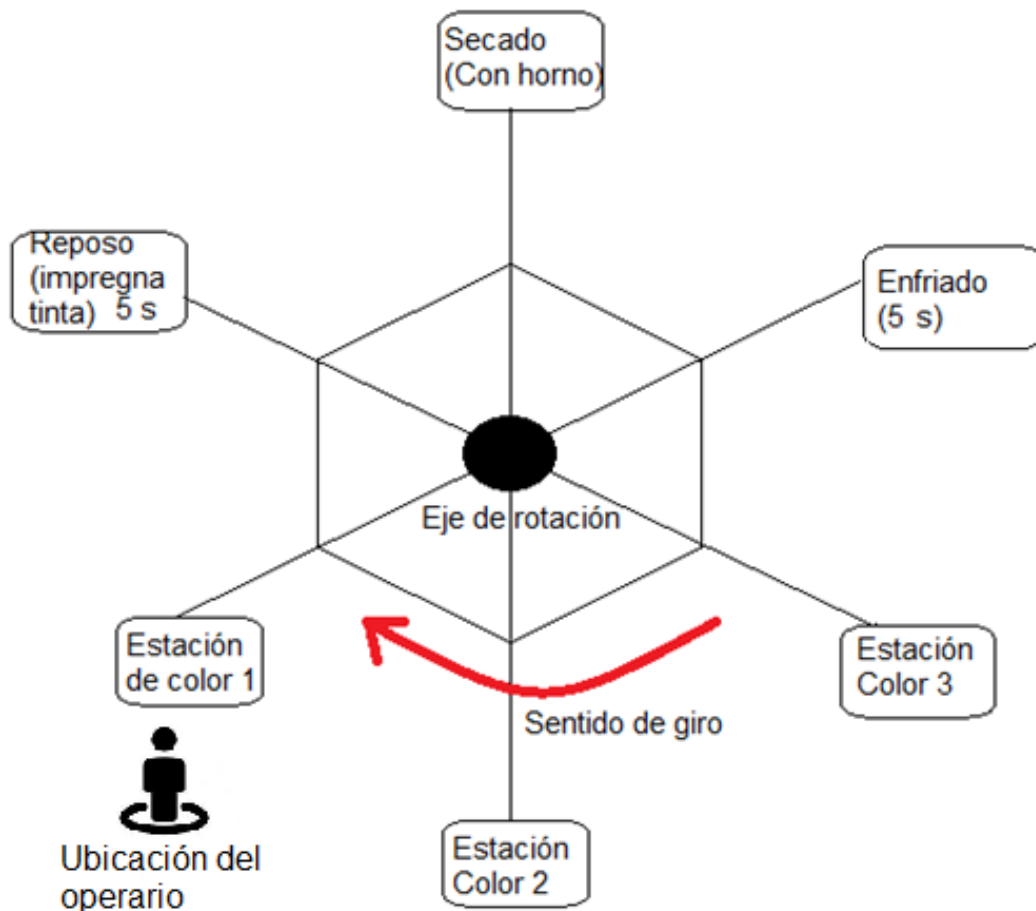


Figura 11. Esquema de ubicación de las estaciones de trabajo

En cuanto al proceso de estampado como tal, es decir, el trabajo realizado por el operario al mover hacia adelante y hacia atrás el escobillín, se observa entonces que es un movimiento sencillo que consta de cuatro pasos básicos:

- 1) Escobillín hacia abajo, hasta que presione suavemente el marco contra la prenda.
- 2) Escobillín hacia adelante, recorre el marco de un extremo al otro.
- 3) Escobillín retrocede, regresa sin levantarse.
- 4) Escobillín se levanta, retorna a su posición original.

Sabiendo entonces cómo es el proceso manual de estampado, se analizan las opciones para automatizar este proceso, estas opciones son:

- 1) Para subir y bajar los marcos con las tintas de colores:

Para automatizar esta parte del proceso se piensa en colocar los marcos fijos a una distancia aproximada de 10 cm de la mesa de estampado, de tal manera que un cilindro ubicado de manera vertical haga bajar el marco hasta la mesa de estampado, sin necesidad de mover todo el brazo del pulpo de arriba hacia abajo.

- 2) Para el movimiento del escobillín:

Lo más viable que se encuentra es un sistema de dos cilindros neumáticos, uno que tenga el escobillín en la punta y sea el que baje y presione levemente el marco, y el otro que tenga el cilindro anteriormente mencionado en la punta, y sea el que recorra el marco de un extremo a otro.

- 3) Para la rotación de los brazos de la máquina que contienen las mesas de estampado.

En el eje de rotación de la máquina lo mejor es colocar una rueda de ginebra de seis posiciones movida por un motor eléctrico, teniendo en cuenta que este debe ser de muy poca velocidad y de alto torque, de tal manera que sea capaz de mover toda la estructura de la máquina de serigrafía.

- 4) Para escoger la cantidad de capas de cada color a estampar:

La mejor opción encontrada para decirle al sistema de control cuántas capas de cada color debe estampar, es por medio de una Interface Hombre – Máquina (HMI) y un contador. Este contador hace parte de la programación del PLC.

Habiendo entonces analizado el sistema, y teniendo claro que el objetivo es estampar una prenda, se prosigue con el siguiente paso.

Teniendo definidos los elementos, se plantea entonces el siguiente enunciado que describe los requisitos que debe cumplir el proceso de automatización de la máquina de serigrafía:

En las tres mesas de trabajo (T1, T2 y T3) se colocan los elementos de manera simultánea, estas mesas están sujetas a un eje el cual es movido por el conjunto motor-rueda de ginebra “C”.

Hay tres estaciones de color (C1, C2 y C3), cada estación tiene un color distinto.

Cuando el sistema se enciende, se activa la estación C1 (Ver nota 1), aplicando color al elemento de la mesa T1, cuando termina se activa el conjunto C y la mesa

de trabajo T2 pasa a la estación de color C1 para que se le aplique el mismo color, mientras que la mesa T1 ha pasado a una estación de espera. De nuevo cuando termina el trabajo la estación C1, se mueve el conjunto “C” y la mesa T3 pasa a la estación C1 para que se le aplique el mismo color, la mesa T2 pasa a la estación de espera y la mesa T1 pasa a la estación de enfriamiento. De nuevo cuando la estación C1 termina, el conjunto C gira y la mesa T3 pasa a la estación de espera, la mesa T2 pasa a la estación de secado y la mesa T1 llega hasta la estación C3. Luego de 5 segundos, “C” vuelve a girar, dejando a la mesa T1 en la estación C2, donde:

- Si se requiere otra capa de mismo color, luego de 5 segundos “C” vuelve a girar y el proceso anterior vuelve a iniciar.
- Si se requiere otro color, vuelve a Iniciar todo el proceso descrito anteriormente, pero ahora con la estación de color C2.

Si se requiere un tercer color, se utiliza entonces la estación de color C3 siguiendo la misma secuencia.

El proceso puede requerir varias capas de cada color, como también puede utilizar sólo uno o dos colores con una o varias capas.

Debe haber un menú para el usuario, que dé la opción de escoger los colores a usar y el número de capas que requiere

Ejemplo:

Color	# de capas
C1	1
C2	3
C3	0

Nota 1: Las estaciones de color funcionan cada una con dos cilindros, el cilindro A tiene la inyectora de tinta, y el cilindro B tiene al cilindro A, y se desplaza por toda la pieza a lo largo. La secuencia que siguen es la siguiente: A+ B+ A- A+ B- A-

Nota 2: El sistema debe tener un paro de emergencia, de tal forma que se eviten daños durante el proceso

3.2.2 Variables de salida.

Las variables de salida son todas aquellas variables del sistema de control que deben ser medidas o detectadas.

En este caso particular, las variables de salida son producidas por una serie de sensores, los cuales detectan la posición de las mesas de trabajo con las prendas a estampar.

Para visualizar los sensores mencionados, se tiene el siguiente esquema:

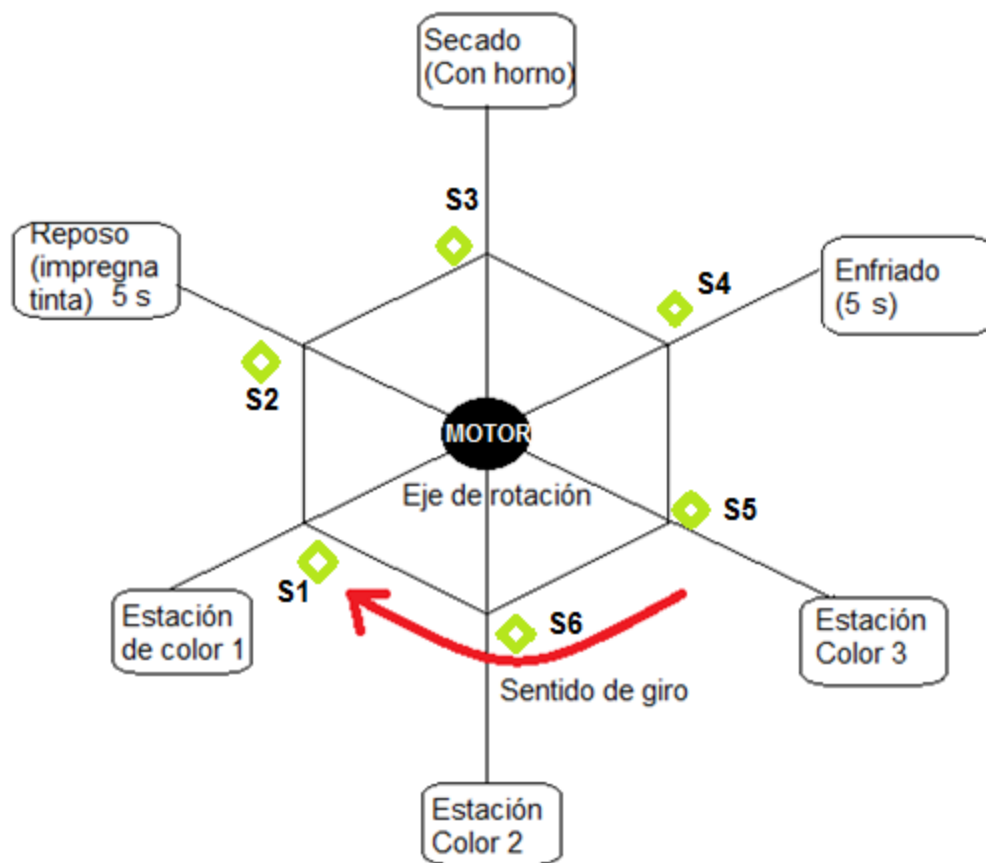


Figura 12. Esquema de ubicación de los sensores

Cada sensor detecta la posición de las mesas de estampado, la señal de salida de estos sensores es importante para realizar el control secuencial del proceso

Adicionalmente, los cilindros neumáticos del sistema de control, deben tener sus propios sensores de posición para saber si se encuentran retraídos o extendidos, como se muestra en el siguiente esquema:



Figura 13. Esquema de ubicación de los sensores de posición del cilindro

Siendo “SA” el sensor que indica que el cilindro se encuentra extendido y “SB” el sensor que indica que el cilindro se encuentra retraído.

3.2.3 Variables de control.

Las variables de control son las señales que debe generar el sistema de control hacia los actuadores.

En este caso particular las variables de control son las señales que van hacia las bobinas de las electroválvulas que controlan los cilindros neumáticos.

Además de las señales hacia los actuadores, también está a Interface Hombre Máquina (HMI) para que el operario escoja la cantidad de capas de cada color que requiere el proceso. Cada vez que la máquina de serigrafía estampe una capa de un color, un contador resta la capa ya estampada, y cuando cada contador de cada color esté en cero, es cuando el proceso de estampado finaliza.

3.2.4 Posibles perturbaciones

Durante la visita al taller de serigrafía, se encuentra que se pueden presentar perturbaciones en el sistema debido a:

- Ruido en las señales eléctricas: Estas pueden afectar la transmisión de señales eléctricas para el control. Para disminuir la posibilidad de perturbaciones debido a este fenómeno, se requieren tuberías de cable con aislamiento de ruido.
- Exceso de humedad en el ambiente: Puede afectar la red neumática. En caso de que la humedad relativa del ambiente sea muy alta, se hace necesaria la instalación de un aire acondicionado, ya que a menor temperatura, menor es la humedad del ambiente.
- Altas temperaturas en el ambiente: Puede afectar la red neumática. En caso de que la temperatura sea más alta que la temperatura de trabajo de la red neumática, se hace necesaria la instalación de un aire acondicionado que cuente con un sencillo control ON / OFF.

3.2.5 Procedimientos de arranque y parada

Para Iniciar la máquina de serigrafía, debe existir un botón de inicio (START) que sea activado por el operario cuando las prendas a estampar estén en posición y el operario se encuentre en un lugar seguro. Este botón de inicio pone en marcha todo el proceso siempre y cuando se hayan seleccionado los parámetros de estampado, es decir, cuántas capas de cada color.

El proceso de estampado finaliza cuando cada una de las tres prendas tenga completas las capas de color establecidas en el diseño. Otra manera de finalizar el proceso, en caso de ser requerido, es por medio del botón de parada (STOP), el cual devuelve el proceso a las condiciones iniciales.

Finalmente se tiene un botón de paro de emergencia, el cual detiene el proceso en el momento donde se encuentre, es decir todos los actuadores se quedan quietos llegado el caso de una emergencia.

3.2.6 Herramientas de simulación para el diseño del sistema de control

Para el diseño y la simulación del sistema de control, se emplean los siguientes softwares de simulación:

CODESYS: Es un entorno de desarrollo para la programación de controladores de acuerdo con el estándar industrial internacional IEC 61131-3. Las siglas del término CODESYS es significan “Sistema de Desarrollo de Controladores”. Es desarrollado por la empresa de software alemán 3S-Smart de Soluciones de Software situado en la ciudad bávara de Kempten. La Primera Versión (1,0) fue creada en 1994¹³.

En este software se diseña y simula toda la programación del PLC, además se muestra gráficamente cómo funcionan los actuadores del sistema automatizado.

¹³ Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/CoDeSys>

FluidSIM: Software que permite crear y simular circuitos correspondientes a las siguientes especialidades: Electroneumática (Técnica de vacío), Electrohidráulica (Hidráulica móvil), Electrotécnica (Electrónica). Para cada una de estas tecnologías se ofrece una versión específica del programa: FluidSIM-P, FluidSIM-H y FluidSIM-E. Las tres versiones contienen adicionalmente los componentes necesarios para la confección de dibujos técnicos y la simulación según criterios de Tecnología digital y GRAFCET.

En el software FluidSIM-P se diseña y simula todo el sistema electro neumático para la automatización de la máquina de serigrafía.¹⁴

¹⁴ Tomado de http://www.fluidsim.de/fluidsim/download/v5/fluidsim5_es.pdf; Manual FluidSIM FESTO.

4 CAPÍTULO IV: PROGRAMA EN PLC, DISEÑO Y SIMULACIÓN

4.1 Variables de control

Lo primero a realizar cuando se diseña un programa, es definir las variables que influyen en la programación, las variables más importantes que se definen se encuentran descritas en la tabla 1:

Variable	Tipo	Descripción
COLOR1	BOOLEANO	Identifica la estación de Color 1
COLOR2	BOOLEANO	Identifica la estación de Color 2
COLOR3	BOOLEANO	Identifica la estación de Color 3
C1	ENTERO	Controla el movimiento de la estación de color 1
C2	ENTERO	Controla el movimiento de la estación de color 2
C3	ENTERO	Controla el movimiento de la estación de color 3
A1Y	ENTERO	Controla el movimiento en el eje Y del cilindro A del color 1
A2Y	ENTERO	Controla el movimiento en el eje Y del cilindro A del color 2
A3Y	ENTERO	Controla el movimiento en el eje Y del cilindro A del color 3
B1X	ENTERO	Controla el movimiento en el eje X del cilindro B del color 1
B2X	ENTERO	Controla el movimiento en el eje X del cilindro B del color 2

B3X	ENTERO	Controla el movimiento en el eje X del cilindro B del color 3
S1	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de color 1
S2	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de espera
S3	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de secado
S4	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de enfriado
S5	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de color 3
S6	BOOLEANO	Sensor que indica presencia en la estación de color 2
START	BOOLEANO	Está asociado al botón de START para iniciar la secuencia
PARO	BOOLEANO	Está asociado al botón de STOP para detener la secuencia
PE	BOOLEANO	Está asociado al botón de STOP (paro de emergencia) para detener la secuencia en caso de emergencia
INICI	BOOLEANO	Variable que da inicio al proceso
FIN	BOOLEANO	Variable que da fin al proceso
DECRE1	BOOLEANO	Está asociado al botón de incremento de capas del color 1

DECRE2	BOOLEANO	Está asociado al botón de incremento de capas del color 2
DECRE3	BOOLEANO	Está asociado al botón de incremento de capas del color 3
INCRI1	BOOLEANO	Está asociado al botón de decremento de capas del color 1
INCRI2	BOOLEANO	Está asociado al botón de decremento de capas del color 2
INCRI3	BOOLEANO	Está asociado al botón de decremento de capas del color 3
SUMA1	ENTERO	Está asociado al recuadro que muestra la cantidad de capas del color 1
SUMA2	ENTERO	Está asociado al recuadro que muestra la cantidad de capas del color 2
SUMA3	ENTERO	Está asociado al recuadro que muestra la cantidad de capas del color 3
CONTADOR1	CONTADOR	Cuenta cuantas capas del color 1 se han aplicado
CONTADOR2	CONTADOR	Cuenta cuantas capas del color 2 se han aplicado
CONTADOR3	CONTADOR	Cuenta cuantas capas del color 3 se han aplicado
FLIP1	FLIP-FLOP	Se utiliza para el reset del

		contador 1
FLIP2	FLIP-FLOP	Se utiliza para el reset del contador 2
FLIP3	FLIP-FLOP	Se utiliza para el reset del contador 3
E1	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B1 está retraído
Q1	BOOLEANO	Entrega la señal al contador 1
Q2	BOOLEANO	Entrega la señal al contador 2
Q3	BOOLEANO	Entrega la señal al contador 3
E2	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B1 está extendido
E3	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A1 está retraído
E4	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A1 está extendido
E5	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B2 está retraído
E6	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B2 está extendido
E7	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A2 está retraído
E8	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A2 está extendido
E9	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B3 está retraído
E10	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro B3 está extendido

E11	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A3 está retraído
E12	BOOLEANO	Sensor que indica que el cilindro A3 está extendido
REPETICIÓN	BOOLEANO	Repite el ciclo de estampado del color 1
REPETICION2	BOOLEANO	Repite el ciclo de estampado del color 2
REPETICION3	BOOLEANO	Repite el ciclo de estampado del color 3
PAUSA	BOOLEANO	Da la señal al temporizador 1
PAUSA2	BOOLEANO	Da la señal al temporizador 2
PAUSA3	BOOLEANO	Da la señal al temporizador 3
CPAUSA	ENTERO	Cuenta las pausas que se realizan en el ciclo de estampado del color 1
CPAUSA2	ENTERO	Cuenta las pausas que se realizan en el ciclo de estampado del color 2
CPAUSA3	ENTERO	Cuenta las pausas que se realizan en el ciclo de estampado del color 3
T1	TEMPORIZADOR TIPO ON	Temporizador de las pausas del ciclo de estampado 1
T2	TEMPORIZADOR TIPO ON	Temporizador de las pausas del ciclo de estampado 2

T3	TEMPORIZADOR ON	TIPO Temporizador de las pausas del ciclo de estampado 3
ACOPLAR	BOOLEANO	Variable que da inicio al ciclo de estampado del color 1
ACOPLAR2	BOOLEANO	Variable que da inicio al ciclo de estampado del color 2
ACOPLE3	BOOLEANO	Variable que da inicio al ciclo de estampado del color 3

Tabla 1: Variables empleadas en la programación del PLC

4.2 Entorno gráfico

El entorno gráfico para visualizar la simulación del proceso es el siguiente:

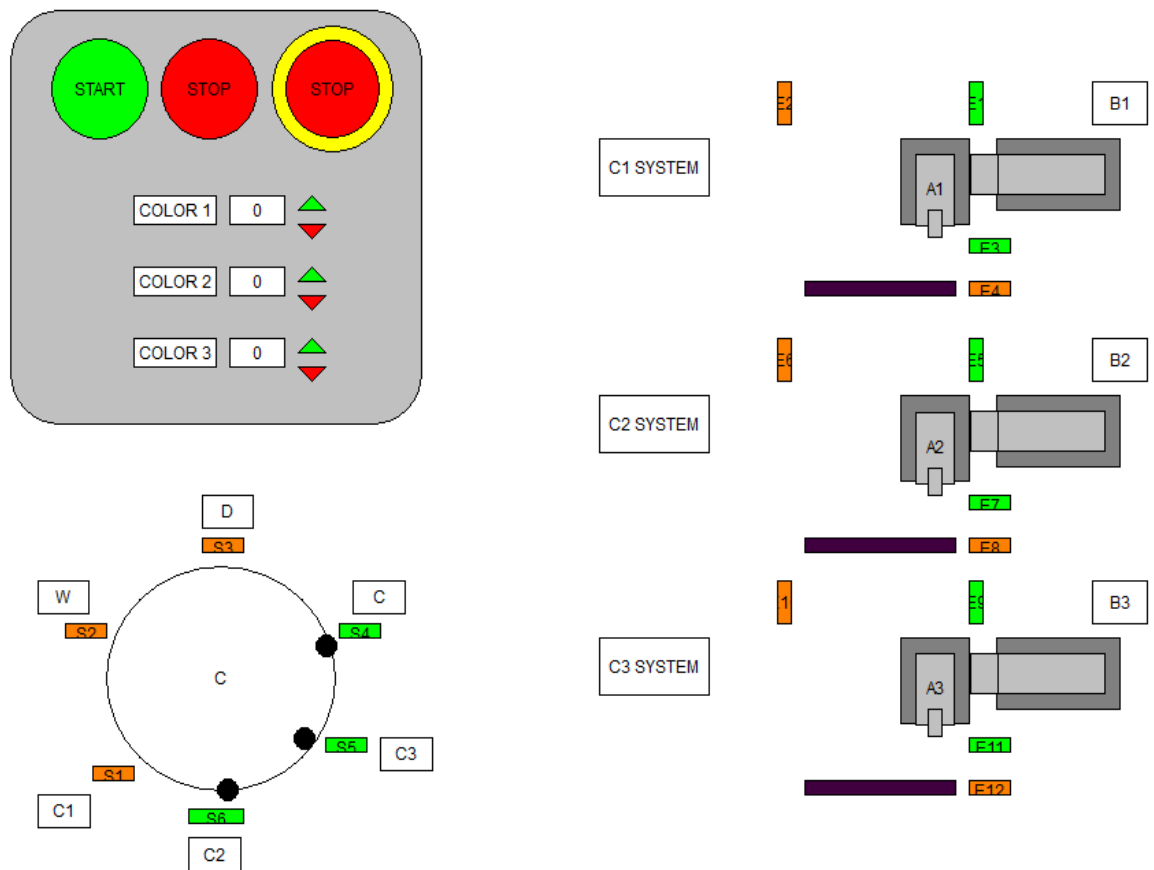


Figura 14. Visualización de la simulación realizada en CODESYS

Cada parte del gráfico se describe a continuación:

4.2.1 Panel de control:

Desde el panel de control, el operario define cuántas capas de cada color se requieren para el proceso de estampado, con los botones en forma de flechas hacia arriba y hacia abajo cambia el valor para cada color. Estos valores se visualizan en la pantalla que se encuentra al lado de los botones.

Se encuentra también el botón de inicio “START”, con el cual, luego de definir la cantidad de capas por color, se le da inicio al proceso de estampado.

Al terminar el proceso de estampado, o si por algún motivo se ve la necesidad de finalizar el proceso, hay en el panel de control un botón de parada “STOP”.

Por último se encuentra el paro de emergencia, el cual detiene el proceso hasta que el operario desactive este botón.

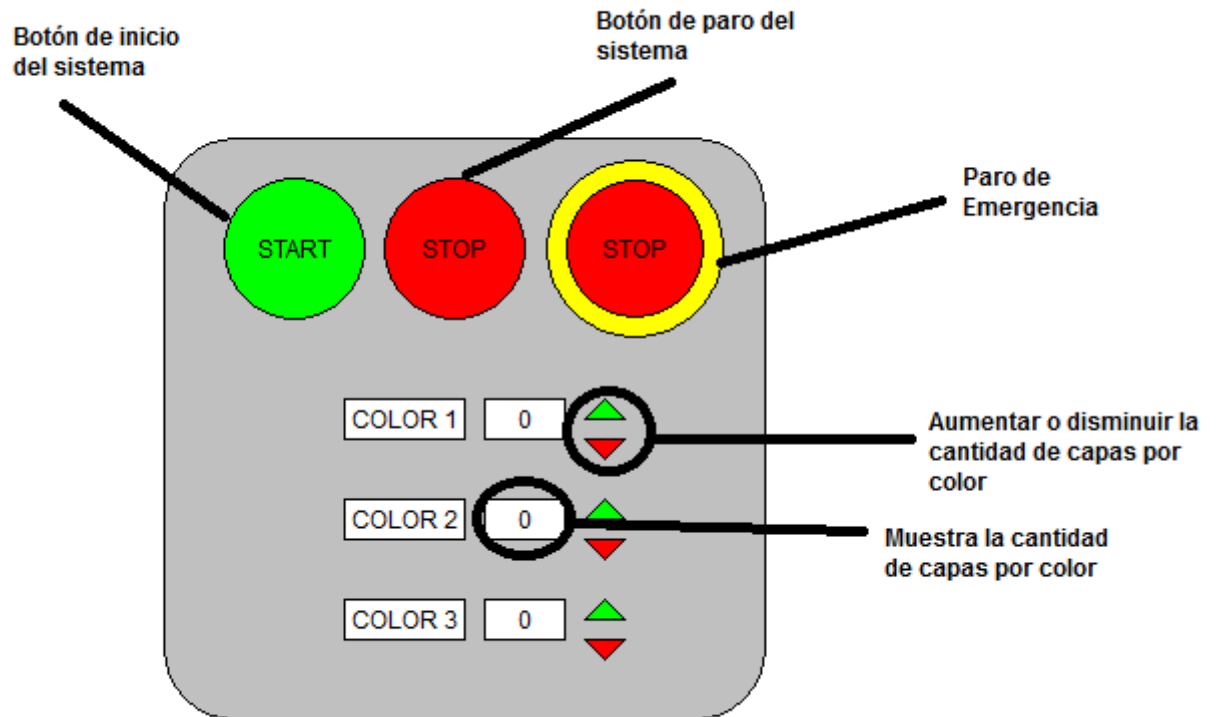


Figura 15. Panel de control

4.2.2 Sistema de estampado:

Para el proceso de estampado automático, cada estación de color cuenta con dos cilindros de doble efecto, de los cuales uno es el que lleva el escobillín, y el segundo desplaza el cilindro con el escobillín a lo largo del marco de la máquina de serigrafía para impregnar la tinta.

Para cada cilindro se requieren sensores que indiquen la posición extendida y retraída del mismo.

4.2.3 Secuencia del sistema de control:

En este esquema se muestra la ubicación de cada una de las estaciones de trabajo de la máquina de serigrafía, se evidencia el movimiento de las mesas de trabajo a lo largo del proceso.

Para detectar la presencia de las mesas de trabajo en cada estación, se requieren sensores finales de carrera, los cuales están marcados desde S1 hasta S6.

El motor C ilustrado, es el que realiza el movimiento giratorio de la máquina de serigrafía al mover la rueda de ginebra de seis posiciones.

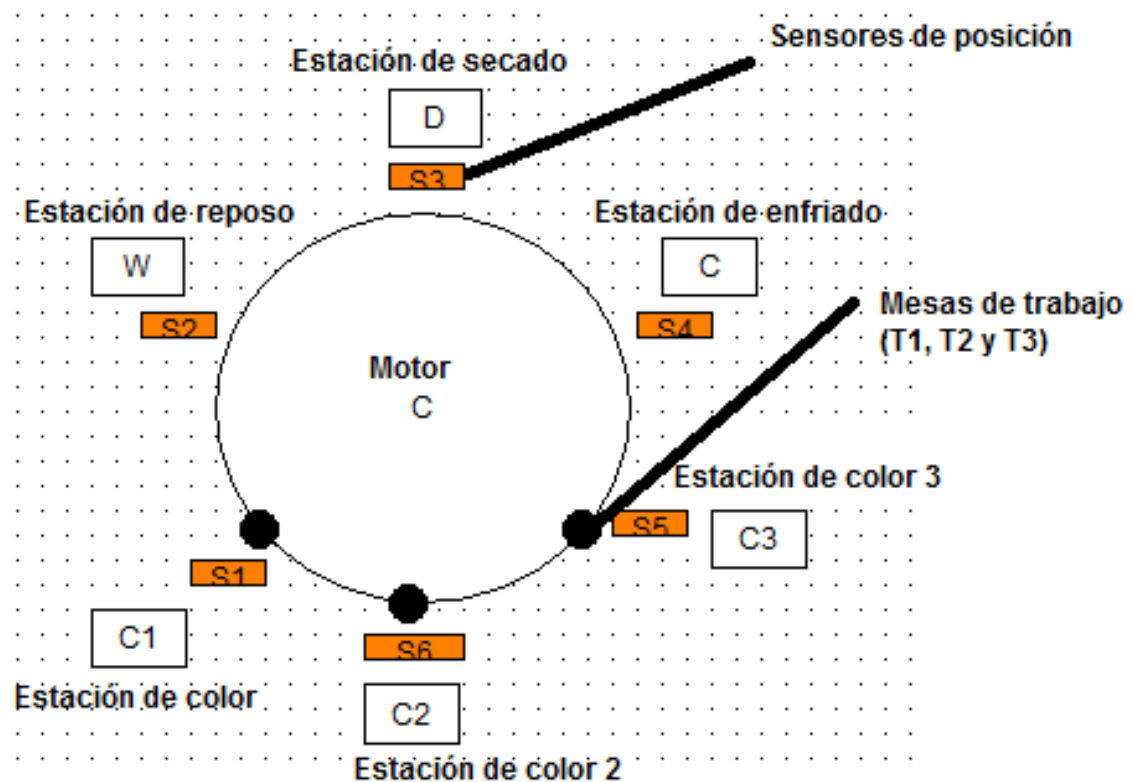


Figura 17. Movimiento de la máquina

4.3 Lenguaje de programación empleado

Para la elaboración de la programación del PLC, se utiliza el PLC virtual del software CODESYS, en el cual se emplean dos lenguajes de programación los cuales son GRAFCET, Texto Estructurado Y LADDER, los cuales se describen a continuación.

4.3.1 GRAFCET¹⁵

El GRAFCET es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o subestados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

Las etapas representan cada uno de los estados del sistema. El símbolo empleado para representar una etapa es un cuadrado con un número o símbolo en su interior que la identifica. Las etapas iniciales se representan por un cuadrado de doble línea. Cuando se recorre el gráfico de evolución por cualquier camino posible, deben alternarse siempre una etapa y una transición.

¹⁵ Tomado de https://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog3.htm; GRAFCET.

REPRESENTACION DE ETAPAS:



REPRESENTACION DE ETAPAS INICIALES:



Figura 18. Representación de etapas en GRAFCET

Las acciones que llevan asociadas las etapas se representan con un rectángulo donde se indica el tipo de acción a realizar. Una etapa puede llevar asociadas varias acciones.

Las líneas de evolución unen entre sí las etapas que representan acciones consecutivas. Las líneas se entenderán siempre orientadas de arriba abajo, a menos que se represente una flecha en sentido contrario. Dos líneas de evolución que se crucen deben interpretarse que no están unidas.

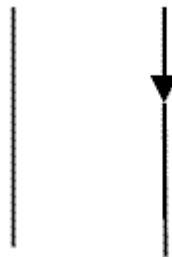


Figura 19. Representación las líneas de evolución en GRAFCET

Las transiciones representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la acción o acciones asociadas a una etapa y se inicien las de la etapa o etapas inmediatamente consecutivas. Gráficamente se representan por una línea cruzada sobre las líneas de evolución.

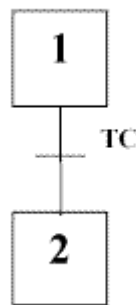


Figura 20. Representación las transiciones en GRAFCET

4.3.2 Texto Estructurado¹⁶

Este es un lenguaje estructurado de alto nivel, que es estructurado en bloques y sintácticamente similar a Pascal, aunque sus raíces provienen de Ada y C.

El lenguaje de texto estructurado utiliza la definición de variables para identificar entradas y salidas de dispositivos de campo y cualquier otra variable creada internamente.

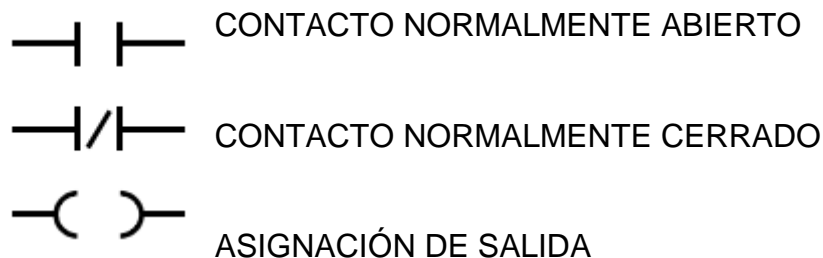
¹⁶ Tomado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1633__texto_estructurado_structured_text__st.html

Contiene todos los elementos esenciales de un lenguaje de programación moderno, incluyendo selección del flujo de ejecución condicional (IF, THEN, ELSE y CASE OF) y lazos de iteración o calculo repetitivo (FOR, WHILE y REPEAT), que pueden ser anidados. Además soporta operaciones Booleanas (AND, OR, NOT) y una variedad de datos específicos, tales como fecha y hora.

Dentro de las ventajas del lenguaje de Texto Estructurado aplicado a PLC, se tienen:

- Soporta instrucciones aritméticas complejas.
- Soporta instrucciones anidadas.
- Soporta ciclos de iteración (repeat – until, while – do)
- Soporta ejecución condicional (If – Then – Else, Case)
- Es fácil agregar comentarios que explican la lógica.
- Todo lo que está entre (* y *) es un comentario y no se ejecuta.

4.3.3 LADDER¹⁷: Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés. Mediante símbolos representa contactos, bobinas, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos son:



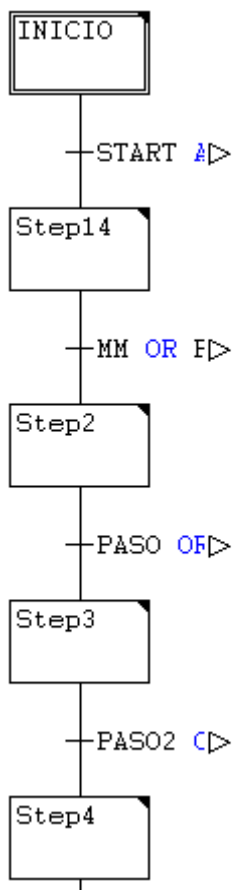
¹⁷

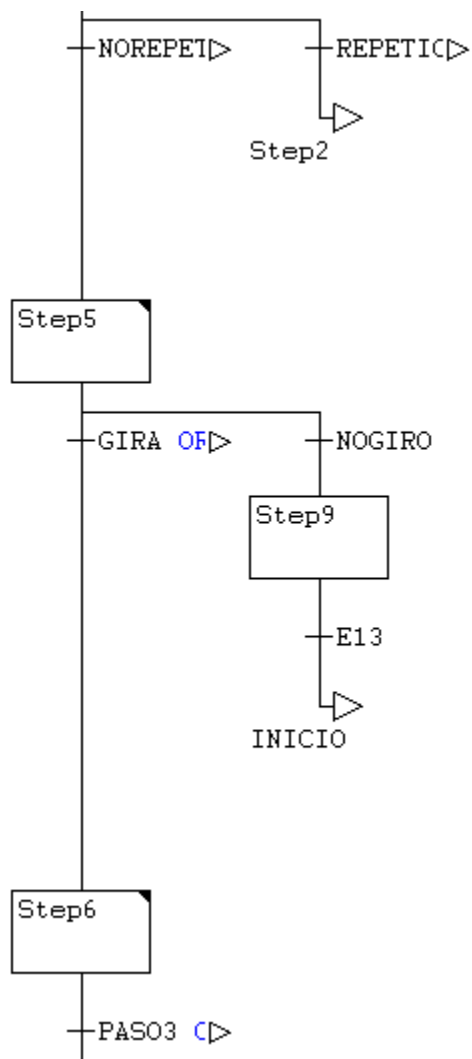
Tomado de:
<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

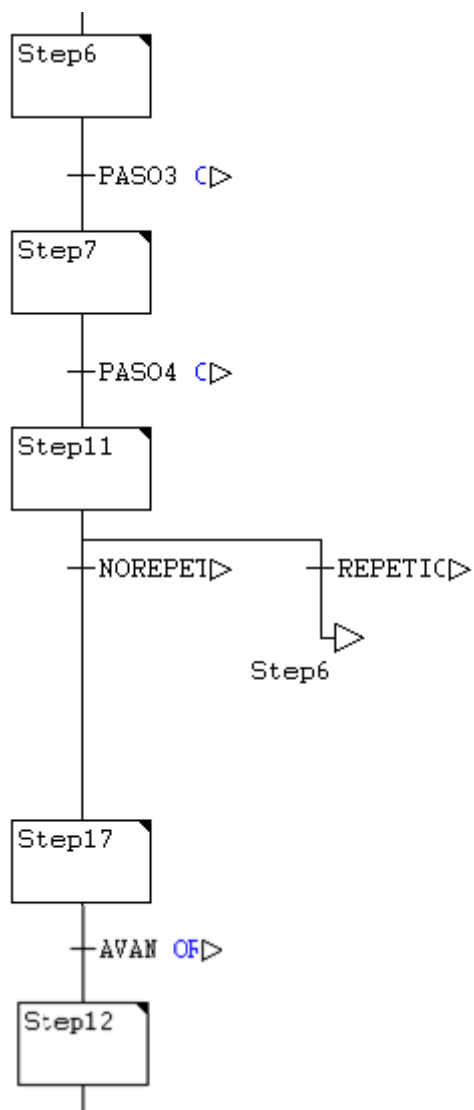
En estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra.

4.4 Desarrollo de la programación

Empleando lenguaje de programación GRAFCET, se diseña la secuencia que debe seguir la máquina de serigrafía. Según el análisis realizado con diagrama de flujo en el punto 9.2. Se obtiene entonces la siguiente secuencia en GRAFCET:







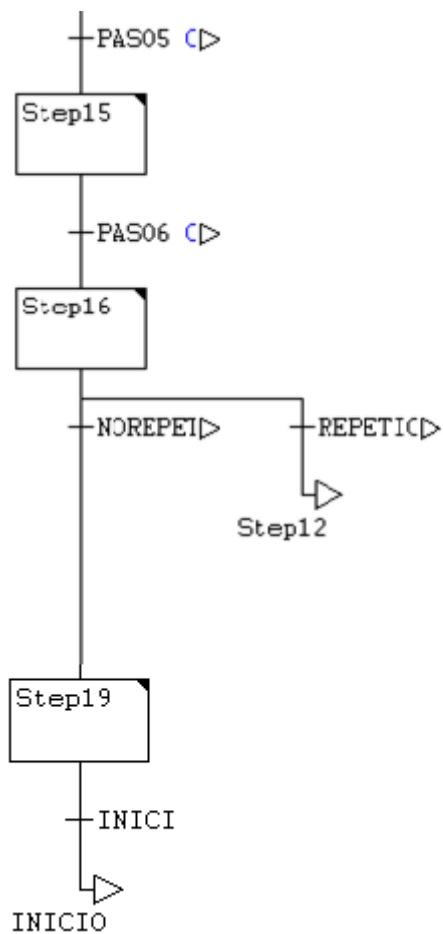
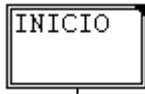


Figura 21. Programación en lenguaje GRAFCET realizado en CODESYS

Cada etapa de la secuencia en GRAFCET está programada en texto estructurado, a continuación se muestra la programación contenida en cada etapa y en cada transición:

4.4.1 Etapa inicial

- Gráfico:



- Contenido:

```
INICI:=FALSE;
RESET:=FALSE;
CONTADOR1(CU := INCRI1, CD:= DECRE1, RESET := RESET, LOAD:=RESET ,
PV:= VarINT1);
SUMA1 := CONTADOR1.CV;
CONTADOR2(CU := INCRI2, CD:= DECRE2, RESET := RESET, LOAD:=RESET ,
PV:= VarINT1);
SUMA2:= CONTADOR2.CV;
CONTADOR3(CU := INCRI3, CD:= DECRE3, RESET := RESET, LOAD:=RESET ,
PV:= VarINT1);
SUMA3:= CONTADOR3.CV;

AVANZE:=FALSE;
E13:=FALSE;
E2:=FALSE;
E6:=FALSE;
E3:=TRUE;
E7:=TRUE;
E11:=TRUE;
E6:=FALSE;
E10:=FALSE;
```

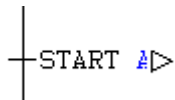
```

E1:=TRUE;
E5:=TRUE;
E9:=TRUE;
E4:=FALSE;
E8:=FALSE;
E12:=FALSE;
CICLO:=FALSE;
S1:=TRUE;
S5:=TRUE;
S6:=TRUE;
S2:=FALSE;
S3:=FALSE;
S4:=FALSE;
REPETICION:=FALSE;
REPETICION2:=FALSE;
GIRO:=0;
IF SUMA1>0 OR SUMA2>0 OR SUMA3>0 THEN
ACTIVACION:=TRUE;
END_IF

```

4.4.2 Transición 1

- **Gráfico:**

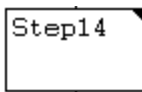


- **Contenido:**

START AND NOT PE AND ACTIVACION AND NOT PARO AND NOT PE

4.4.3 Etapa 1

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

IF NOT PE THEN

IF SUMA2>0 AND C1=0 AND SUMA1<=0 THEN

ACOPLAR:=TRUE;

END_IF

IF ACOPLAR=TRUE THEN

C1:=C1+1;

END_IF

IF C1=300 THEN

C1:=300;

ACOPLAR:=FALSE;

MM:=TRUE;

END_IF

IF SUMA1>0 THEN

MM:=TRUE;

END_IF

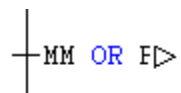
IF SUMA3>0 AND SUMA2<=0 AND SUMA1<=0 AND C1=0 THEN

```
ACOPLAR2:=TRUE;  
END_IF
```

```
IF ACOPLAR2=TRUE THEN  
C1:=C1+1;  
IF C1=220 THEN  
C1:=220;  
ACOPLAR2:=FALSE;  
ACOPLE3:=TRUE;  
MM:=TRUE;  
END_IF  
END_IF  
END_IF
```

4.4.4 Transición 2

- **Gráfico:**

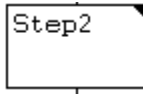


- **Contenido:**

MM OR PARO

4.4.5 Etapa 2

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

MM:=FALSE;

IF SUMA1>0 AND NOT PE THEN

AVANZE:=FALSE;

IF E1=TRUE AND E2=FALSE AND E4=FALSE THEN

A1Y:=A1Y+1;

END_IF

IF A1Y>=30 THEN

E3:=FALSE;

E4:=TRUE;

REPETICION:=FALSE;

END_IF

IF A1Y=30 THEN

A1Y:=30;

END_IF

IF E4=TRUE AND E2=FALSE AND CICLO=FALSE THEN

B1X:=B1X-1;

END_IF

IF B1X<=-80 THEN

```
E2:=TRUE;
E1:=FALSE;
END_IF
IF B1X=-80 THEN
B1X:=-80;
END_IF
```

```
IF E2=TRUE AND E1=FALSE AND E4=TRUE THEN
CICLO:=TRUE;
PAUSA:=FALSE;
B1X:=B1X+1;
END_IF
```

```
IF B1X=0 AND CICLO=TRUE THEN
B1X:=0;
E1:=TRUE;
E2:=FALSE;
A1Y:=A1Y-1;
IF A1Y=0 THEN
A1Y:=1;
E4:=FALSE;
E3:=TRUE;
END_IF
END_IF
```

```
IF A1Y=1 AND CICLO=TRUE AND PAUSA=FALSE AND PARADA=FALSE
THEN
C1:=C1+1;

IF C1=55 THEN
```

```
PAUSA:=TRUE;
CPAUSA:=CPAUSA+1;
CICLO:=FALSE;
GIRO:=GIRO+1;
END_IF
IF C1=120 THEN
PAUSA:=TRUE;
CICLO:=FALSE;
CPAUSA:=CPAUSA+1;
END_IF
IF C1=180 THEN
PAUSA:=FALSE;
CICLO:=TRUE;
CPAUSA:=CPAUSA+1;
END_IF
IF C1=220 THEN
PAUSA:=TRUE;
CICLO:=TRUE;
CPAUSA:=CPAUSA+1;
C1:=221;

END_IF
IF C1=221 THEN
M1:=TRUE;
PASO:=TRUE;
END_IF
END_IF

IF CPAUSA=1 THEN
S2:=TRUE;
```

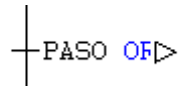
```
S5:=FALSE;
S1:=TRUE;
S4:=FALSE;
S6:=TRUE;
S3:=FALSE;
END_IF
IF CPAUSA=2THEN
S3:=TRUE;
S6:=FALSE;
S5:=FALSE;
S1:=TRUE;
S2:=TRUE;
S4:=FALSE;
END_IF
IF CPAUSA=3THEN
S4:=TRUE;
S1:=FALSE;
S5:=FALSE;
S6:=FALSE;
S2:=TRUE;
S3:=TRUE;
END_IF
IF CPAUSA=4THEN
S5:=TRUE;
S2:=FALSE;
S6:=FALSE;
S1:=FALSE;
S4:=TRUE;
S3:=TRUE;
END_IF
```



```
END_IF  
IF SUMA1=0 THEN  
AVANZE:=TRUE;  
END_IF
```

4.4.6 Transición 3

- **Gráfico:**

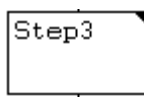


- **Contenido:**

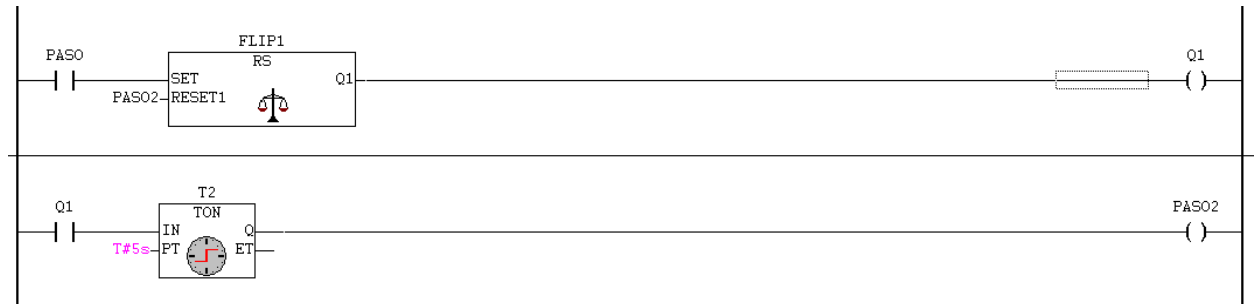
PASO OR AVANZE OR PARO

4.4.7 Etapa 3

- **Gráfico:**

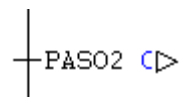


- **Contenido:**



4.4.8 Transición 4

- **Gráfico:**

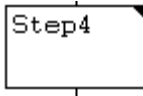


- **Contenido:**

PASO2 OR AVANZE OR PARO

4.4.9 Etapa 4

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

```
IF SUMA1>0 AND NOT PE THEN
AVANZE:=FALSE;
IF M1=TRUE THEN
C1:=C1+1;
END_IF
IF C1=300 THEN
M1:=FALSE;
CPAUSA:=CPAUSA+1;
SUMA1:=SUMA1-1;
C1:=301;
CICLO:=FALSE;
PASO:=FALSE;
END_IF
```

```
IF CPAUSA=5THEN
```

```
S6:=TRUE;  
S3:=FALSE;  
S4:=TRUE;  
S5:=TRUE;  
S1:=FALSE;  
S2:=FALSE;  
END_IF
```

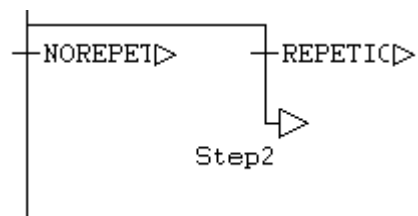
```
IF C1=301 THEN  
IF SUMA1>0 THEN  
REPET:=TRUE;  
END_IF  
IF SUMA1<=0 THEN  
REPET:=FALSE;  
REPETICION:=FALSE;  
NOREPETI:=TRUE;  
END_IF  
END_IF
```

```
IF REPET=TRUE THEN  
C1:=C1+1;  
IF C1=360 THEN  
C1:=0;  
REPETICION:=TRUE;  
CPAUSA:=0;  
END_IF  
END_IF
```

```
END_IF
```

4.4.10 Transiciones 5 y 6

- **Gráfico:**



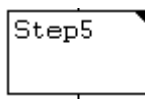
- **Contenidos:**

NOREPETI OR AVANZE OR PARO

REPETICION

4.4.11 Etapa 5

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

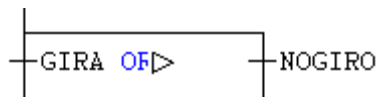
```

NOREPETI:=FALSE;
IF SUMA1<=0 OR SUMA2<=0 AND NOT PE THEN
AVANZE:=TRUE;
END_IF
IF SUMA2>0 THEN
AVANZE:=FALSE;
IF C1=300 OR C1=301 THEN
GIRA:=TRUE;
IF C1>0 THEN
NOGIRO:=TRUE;
END_IF
END_IF
END_IF

```

4.4.12 Transiciones 7 y 8

- **Gráfico:**



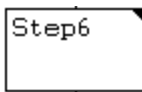
- **Contenidos:**

GIRA OR AVANZE OR PARO

NOGIRO

4.4.13 Etapa 6

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

```
REPETICION2:=FALSE;
```

```
IF SUMA2>0 AND NOT PE THEN
```

```
AVANZE:=FALSE;
```

```
IF E5=TRUE AND E6=FALSE AND E8=FALSE THEN
```

```
A2Y:=A2Y+1;
```

```
END_IF
```

```
IF A2Y>=30 THEN
```

```
E7:=FALSE;
```

```
E8:=TRUE;
```

```
REPETICION2:=FALSE;
```

```
END_IF
```

```
IF A2Y=30 THEN
```

```
A2Y:=30;
```

```
END_IF
```

```
IF E8=TRUE AND E6=FALSE AND CICLO2=FALSE THEN
```

```
B2X:=B2X-1;
```

```
END_IF  
IF B2X<=-80 THEN  
E6:=TRUE;  
E5:=FALSE;  
END_IF  
IF B2X=-80 THEN  
B2X:=-80;  
END_IF
```

```
IF E6=TRUE AND E5=FALSE AND E8=TRUE THEN  
CICLO2:=TRUE;  
PAUSA2:=FALSE;  
B2X:=B2X+1;  
END_IF
```

```
IF B2X=0 AND CICLO2=TRUE THEN  
B2X:=0;  
E5:=TRUE;  
E6:=FALSE;  
A2Y:=A2Y-1;  
IF A2Y=0 THEN  
A2Y:=1;  
E8:=FALSE;  
E7:=TRUE;  
END_IF  
END_IF
```

```
IF A2Y=1 AND CICLO2=TRUE AND PAUSA2=FALSE AND PARADA2=FALSE  
THEN  
C1:=C1+1;
```



```
IF C1=300+55 THEN
PAUSA2:=TRUE;
CPAUSA2:=CPAUSA2+1;
CICLO2:=FALSE;
GIRO:=GIRO+1;
END_IF
IF C1=300+120 THEN
PAUSA2:=TRUE;
CICLO2:=FALSE;
CPAUSA2:=CPAUSA2+1;
END_IF
IF C1=300+180 THEN
PAUSA2:=FALSE;
CICLO2:=TRUE;
CPAUSA2:=CPAUSA2+1;
END_IF
IF C1=600 THEN
PAUSA2:=TRUE;
CICLO2:=TRUE;
CPAUSA2:=CPAUSA2+1;
C1:=600;

END_IF
IF C1=600 THEN
M12:=TRUE;
PASO3:=TRUE;
END_IF
END_IF
```

IF CPAUSA2=0 THEN

S2:=FALSE;

S5:=TRUE;

S1:=FALSE;

S4:=TRUE;

S6:=TRUE;

S3:=FALSE;

END_IF

IF CPAUSA2=1 THEN

S3:=FALSE;

S6:=TRUE;

S5:=TRUE;

S1:=TRUE;

S2:=FALSE;

S4:=FALSE;

END_IF

IF CPAUSA2=2 THEN

S4:=FALSE;

S1:=TRUE;

S5:=FALSE;

S6:=TRUE;

S2:=TRUE;

S3:=FALSE;

END_IF

IF CPAUSA2=3 THEN

S5:=TRUE;

S2:=FALSE;

S6:=FALSE;

S1:=FALSE;

S4:=TRUE;

S3:=TRUE;
END_IF

END_IF

4.4.14 Transición 9

- **Gráfico:**

— PASO3 >

- **Contenido:**

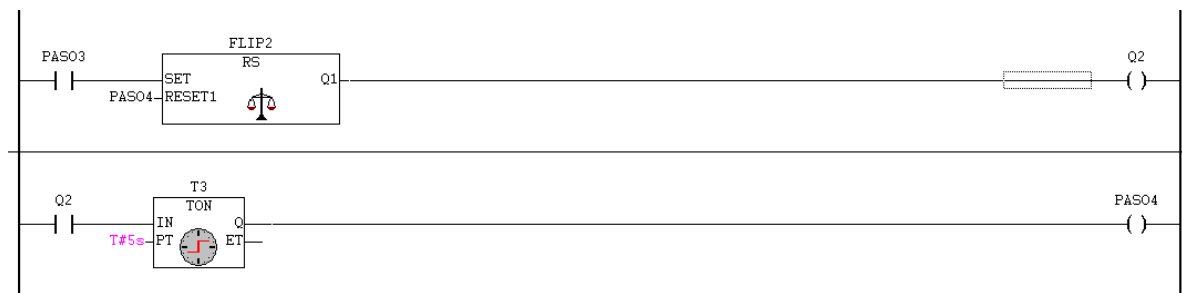
PASO3 OR AVANZE OR PARO

4.4.15 Etapa 7

- **Gráfico:**

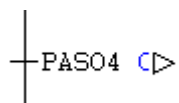
Step7

- **Contenido:**



4.4.16 Transición 10

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

PAS04 OR AVANZE OR PARO

4.4.17 Etapa 8

- **Gráfico:**

Step11

- **Contenido:**

```
IF SUMA2>0 AND NOT PE THEN
AVANZE:=FALSE;
IF M12=TRUE THEN
C1:=C1+1;
END_IF
IF SUMA2>0 THEN
IF C1=660 THEN
M12:=FALSE;
CPAUSA2:=CPAUSA2+1;
SUMA2:=SUMA2-1;
C1:=661;
CICLO2:=FALSE;
PASO3:=FALSE;
END_IF
```

```
IF CPAUSA2=5THEN
S6:=TRUE;
S3:=FALSE;
END_IF
```

```
IF C1=661 THEN
IF SUMA2>0 THEN
REPET2:=TRUE;
```

```

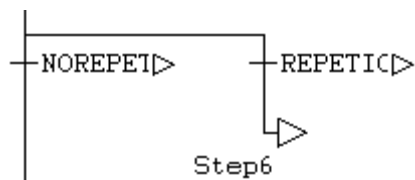
C1:=300;
REPETICION2:=TRUE;
END_IF
IF SUMA2<=0 THEN
REPET2:=FALSE;
REPETICION2:=FALSE;
NOREPETI2:=TRUE;
AVANZE:=TRUE;
END_IF
END_IF

END_IF
END_IF

```

4.4.18 Transiciones 11 y 12

- **Gráfico:**



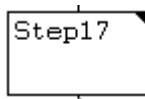
- **Contenidos:**

NOREPETI2 OR AVANZE OR PARO

REPETICION2

4.4.19 Etapa 9

- **Gráfico:**



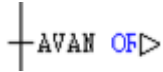
- **Contenido:**

```
AVANZE:=FALSE;  
IF SUMA3>0 AND ACOPLE3=FALSE AND NOT PE THEN  
C1:=C1+1;  
IF C1>=930 THEN  
C1:=220;  
AVAN:=TRUE;  
END_IF
```

END_IF

4.4.20 Transición 13

- **Gráfico:**

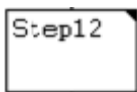


- **Contenido:**

AVAN OR ACOPLE3 OR AVANZE OR PARO

4.4.21 Etapa 10

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

```
EPETICION3:=FALSE;  
AVAN:=FALSE;  
ACOPLE3:=FALSE;  
IF SUMA3>0 AND NOT PE THEN
```


AVANZE:=FALSE;

IF E9=TRUE AND E10=FALSE AND E12=FALSE THEN

A3Y:=A3Y+1;

END_IF

IF A3Y>=30 THEN

E11:=FALSE;

E12:=TRUE;

REPETICION3:=FALSE;

END_IF

IF A3Y=30 THEN

A3Y:=30;

END_IF

IF E12=TRUE AND E10=FALSE AND CICLO3=FALSE THEN

B3X:=B3X-1;

END_IF

IF B3X<=-80 THEN

E10:=TRUE;

E9:=FALSE;

END_IF

IF B3X=-80 THEN

B3X:=-80;

END_IF

IF E10=TRUE AND E9=FALSE AND E12=TRUE THEN

CICLO3:=TRUE;

PAUSA3:=FALSE;

B3X:=B3X+1;

END_IF

IF B3X=0 AND CICLO3=TRUE THEN

B3X:=0;

E9:=TRUE;

E10:=FALSE;

A3Y:=A3Y-1;

IF A3Y=0 THEN

A3Y:=1;

E12:=FALSE;

E11:=TRUE;

END_IF

END_IF

IF A3Y=1 AND CICLO3=TRUE AND PAUSA3=FALSE AND PARADA3=FALSE
THEN

C1:=C1+1;

IF C1=300 THEN

PAUSA3:=TRUE;

CPAUSA3:=CPAUSA3+1;

CICLO3:=FALSE;

GIRO:=GIRO+1;

END_IF

IF C1=360 THEN

PAUSA3:=TRUE;

CICLO3:=FALSE;

CPAUSA3:=CPAUSA3+1;

END_IF

IF C1=420 THEN

```
PAUSA3:=FALSE;  
CICLO3:=TRUE;  
CPAUSA3:=CPAUSA3+1;  
END_IF  
IF C1=550 THEN  
PAUSA3:=TRUE;  
CICLO3:=TRUE;  
CPAUSA3:=CPAUSA3+1;  
C1:=550;
```

```
END_IF  
IF C1=550 THEN  
M14:=TRUE;  
PASO5:=TRUE;  
END_IF  
END_IF
```

```
IF CPAUSA3=0THEN  
S2:=FALSE;  
S5:=TRUE;  
S1:=FALSE;  
S4:=TRUE;  
S6:=FALSE;  
S3:=TRUE;  
END_IF  
IF CPAUSA3=1THEN  
S3:=FALSE;  
S6:=TRUE;  
S5:=TRUE;  
S1:=FALSE;
```

```
S2:=FALSE;
S4:=TRUE;
END_IF
IF CPAUSA3=2THEN
S4:=FALSE;
S1:=TRUE;
S5:=TRUE;
S6:=TRUE;
S2:=FALSE;
S3:=FALSE;
END_IF
IF CPAUSA3=5THEN
S5:=FALSE;
S2:=TRUE;
S6:=FALSE;
S1:=FALSE;
S4:=TRUE;
S3:=TRUE;
END_IF

END_IF
```

4.4.22 Transición 14

- **Gráfico:**

PAS05

- **Contenido:**

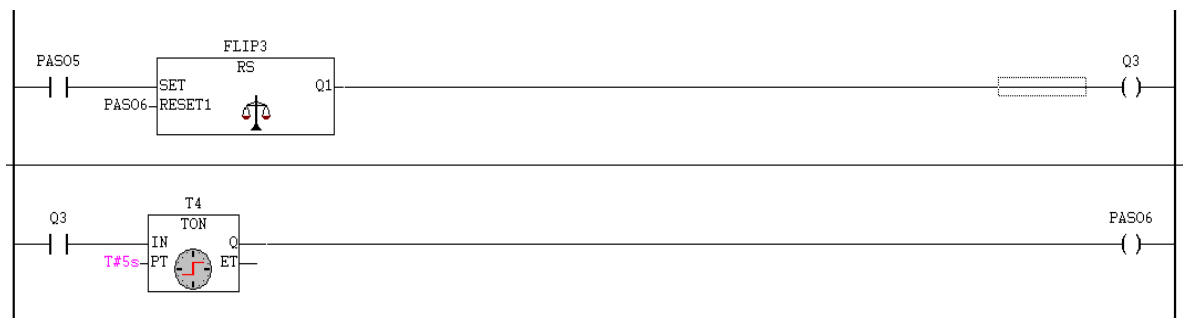
PAS05 OR AVANZE OR PARO

4.4.23 Etapa 11

- **Gráfico:**

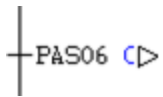
Step15

- **Contenido:**



4.4.24 Transición 15

- **Gráfico:**

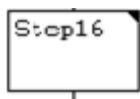


- **Contenido:**

PASO6 OR AVANZE OR PARO

4.4.25 Etapa 12

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

```
IF SUMA3>0 AND NOT PE THEN
AVANZE:=FALSE;
IF M14=TRUE THEN
C1:=C1+1;
END_IF
IF C1=600 THEN
M14:=FALSE;
CPAUSA3:=CPAUSA3+1;
SUMA3:=SUMA3-1;
C1:=601;
CICLO3:=FALSE;
PASO5:=FALSE;
END_IF
```

```
IF CPAUSA3=4THEN
S5:=FALSE;
S2:=TRUE;
S6:=FALSE;
S1:=FALSE;
S4:=TRUE;
S3:=TRUE;
END_IF
```

```
IF C1=601 THEN
IF SUMA3>0 THEN
REPET3:=TRUE;
C1:=220;
REPETICION3:=TRUE;
END_IF
```

```

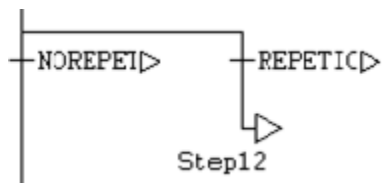
IF SUMA3<=0 THEN
REPET3:=FALSE;
REPETICION3:=FALSE;
NOREPETI3:=TRUE;
END_IF
END_IF

END_IF

```

4.4.26 Transiciones 16 y 17

- **Gráfico:**



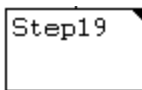
- **Contenidos:**

NOREPETI3 OR AVANZE OR PARO

REPETICION3

4.4.27 Etapa 13

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

```
NOREPETI3:=FALSE;  
IF SUMA1<=0 AND SUMA2<=0 AND SUMA3<=0 AND C1 >0 AND NOT PARO  
THEN  
FIN:=TRUE;  
RESET:=TRUE;  
END_IF  
IF FIN=TRUE THEN  
C1:=C1-1;  
END_IF  
IF C1=0 THEN  
FIN:=FALSE;  
INICI:=TRUE;  
  
END_IF  
  
IF PARO=TRUE THEN  
  
IF C1>0 THEN
```

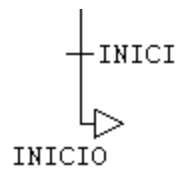
```

C1:=C1-1;
END_IF
IF A1Y>0 THEN
A1Y:=A1Y-1;
END_IF
IF A2Y>0 THEN
A2Y:=A2Y-1;
END_IF
IF A3Y>0 THEN
A3Y:=A3Y-1;
END_IF
IF B1X<0 THEN
B1X:=B1X+1;
END_IF
IF B2X<0 THEN
B2X:=B2X+1;
END_IF
IF B3X<0 THEN
B3X:=B3X+1;
END_IF
IF C1=0 AND A1Y=0 AND A2Y=0 AND A3Y=0 AND B1X=0 AND B2X=0 AND
B3X=0 THEN
INICI:=TRUE;
END_IF
END_IF

```

4.4.28 Transición 18

- **Gráfico:**



- **Contenido:**

INICI

5 CAPÍTULO VI: COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE SERIGRAFÍA TIPO PULPO

5.1 Listado de componentes

A continuación se describen los componentes necesarios para la automatización de la máquina de serigrafía tipo pulpo, además del uso y la ubicación de cada uno de estos componentes.

- **Cilindros neumáticos:** Se requieren 3 cilindros neumáticos de doble efecto con carrera de 50 mm y diámetro de 32 mm, estos son los encargados de llevar el escobillín, se visualizan en la figura 16 como los cilindros A1, A2 y A3. Comercialmente se encuentran estos cilindros con la referencia CA32050 de los cilindros normalizados con ISO 15552.

Adicionalmente se requieren 3 cilindros neumáticos de doble efecto con carrera de 300 mm y diámetro de 32 mm, estos son los encargados de desplazar los cilindros A1, A2 y A3 a lo largo de la prenda a estampar. Se visualizan en la figura 16 como los cilindros B1, B2 y B3. Comercialmente se encuentran estos cilindros con la referencia CA32300 de los cilindros normalizados con ISO 15552.



Figura 21. Cilindro de doble efecto

- 5.1.1 Manguera de poliuretano:** Se utiliza aproximadamente 5 m de manguera de poliuretano para hacer las respectivas conexiones entre los diferentes componentes por los cuales circula el aire comprimido.
- 5.1.2 Electroválvulas:** Se utilizan en el diseño 6 electroválvulas 5/2 a 24 V. Cada electroválvula está encargada de alimentar un cilindro neumático
- 5.1.3 Acoples rápidos:** Necesarios para realizar las conexiones entre la manguera y las entradas de los componentes. Se requieren en este diseño 18 acoples.
- 5.1.4 Silenciadores:** Acoples diseñados para disminuir el ruido producido por el aire comprimido al ser expulsado. Se requieren en total 12 silenciadores los cuales van a las salidas de aire de las electroválvulas.
- 5.1.5 Unidad de mantenimiento:** Está conformada por un filtro, un regulador y un lubricador. El filtro tiene como objetivo detener las impurezas que arrastra el aire comprimido, El regulador de presión tiene como misión mantener el aire que utiliza el circuito neumático a una presión constante y

el lubricador mezcla el aire comprimido con una fina capa de aceite que arrastra en suspensión hasta las partes móviles de los dispositivos neumáticos. Se requiere una sola unidad de mantenimiento.

- **Tubo galvanizado:** Tubería por la cual pasa el aire comprimido desde el compresor hasta el sistema neumático. Comercialmente esta tubería se vende en secciones de 6 m, para el diseño se estiman unos 18 m de tubería, con el fin de colocar el compresor lejos del lugar de trabajo.
- **Compresor:** Al ser componentes de bajo consumo de aire, un compresor comercial de 2 HP es suficiente para mover los cilindros. Debido a que se estima un funcionamiento de 8 horas diarias para los cilindros, se requiere un compresor automático.
- **PLC:** Se requiere un PLC para controlar todo el sistema de manera automática. En la búsqueda de este elemento comercialmente, se encuentra como mejor opción emplear el PLC marca THINGET modelo XC3-48, siendo este un equipo que cuenta con 28 entradas más que suficientes para las señales de los 18 sensores y los 3 pulsadores del diseño y 20 salidas de las cuales se requieren 12 para activar las solenoides de las electroválvulas.

XC3-48 main units, XC5-48 main units: 28 Input /20 Output

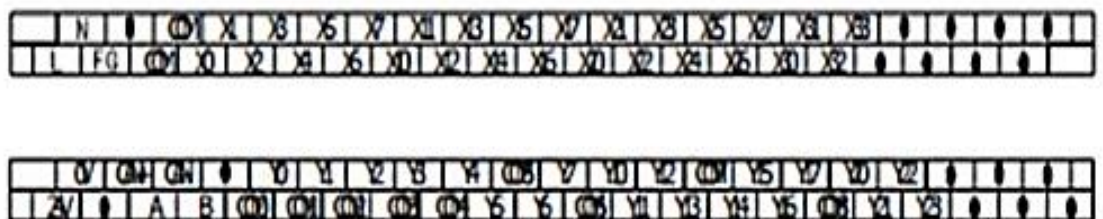


Figura 22. Esquema de las entradas y salidas del PLC THINGET

- **Motor:** Un motor eléctrico de alto torque con caja reductora, el cual mueve una rueda de ginebra de seis posiciones que realiza el movimiento intermitente del eje central de la máquina de serigrafía.
- **Relevadores:** Dispositivos electromecánicos empleados en este diseño como interruptores para alimentar las electroválvulas. Estos relevadores son activados por las señales del PLC.
- **Sensor final de carrera:** Se requiere un sensor por cada estación del proceso de estampado, en total son 6 sensores. Adicionalmente cada cilindro necesita un sensor para detectar cuando se encuentra extendido y otro cuando se encuentra retraído, necesitando entonces para los cilindros 12 sensores.
- **Diseño del circuito electro neumático:** Para el diseño del circuito electro neumático se utiliza el software FluidSIM-P del fabricante FESTO.

5.2 Esquema del circuito neumático

En este punto cabe aclarar que el diseño que se realiza en este software está enfocado a mostrar los elementos empleados y las conexiones entre elementos, no se realiza simulación completa del funcionamiento ya que toda la programación y la simulación es realizada en el software CODESYS.

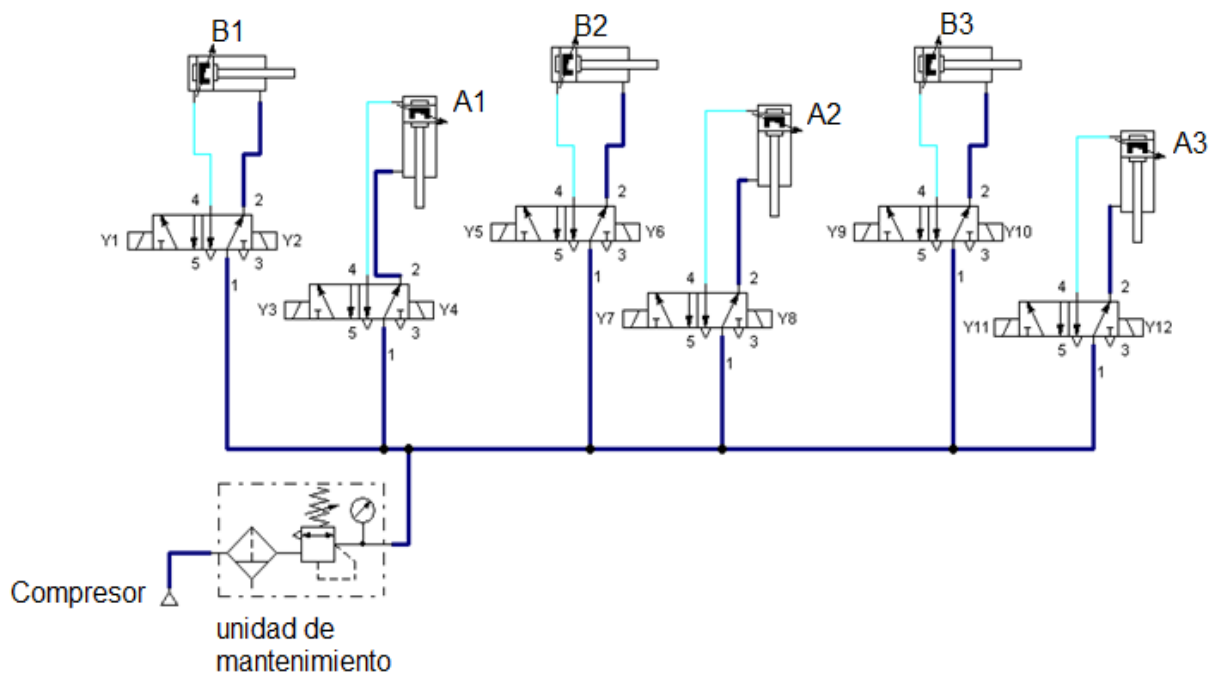


Figura 23. Esquema de la conexión de la red neumática

En la figura 22 se representan las conexiones neumáticas. Se visualiza el sistema en el estado inicial, las líneas de color oscuro representan donde hay presión de aire.

6 CAPÍTULO VI: SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL OPERARIO

Al automatizar el proceso de estampado se reducen los riesgos de exposición del operario a las tintas con químicos nocivos para la salud, a accidentes y lesiones con las partes mecánicas de la máquina y a las altas temperaturas de los hornos de secado. Sin embargo, el trabajo de abastecimiento de tintas y prendas a estampar sigue representando peligro para el operario, por lo cual se toman las siguientes medidas para asegurar el bienestar del personal que se encuentre cerca a la máquina:

- 6.1** Un botón de paro que se desactiva únicamente cuando el operario este en el lugar correspondiente y pueda iniciar el proceso de estampado con la máquina. Este botón se encuentra bajo una plataforma en la zona de abastecimiento y retiro de las prendas a estampar, el operario debe estar parado sobre esta plataforma para que la máquina pueda iniciar, si el operario se retira de este lugar, el proceso se detiene inmediatamente.
- 6.2** Un botón de inicio que el operario activa una vez que la máquina está lista para iniciar.
- 6.3** Para un caso de emergencia se utiliza el paro de emergencia, que desconecta completamente el sistema, y para reiniciar el proceso, este botón debe ser desactivado para volver a iniciar el proceso.
- 6.4** El operario debe portar siempre los elementos de protección reglamentarios, como son la máscara de gases, guantes y un delantal.
- 6.5** un piloto de advertencia en un lugar visible de la estructura el cual se enciende en el momento que inicia el proceso de estampado, advirtiéndole a las demás personas que la máquina está en funcionamiento.

7 PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto necesario para realizar el montaje de la automatización de la máquina de serigrafía

DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)	CANTIDAD	TOTAL (\$)
Cilindro de doble efecto, carrera de 5 cm, referencia CA 32050	256.500	3	769.500
Cilindro de doble efecto, carrera de 30 cm, referencia CA 32300	360.000	3	1.080.000
electroválvulas 5/2; 24 V; 1/8 NPT	200.000	6	1.200.000
Manguera poliuretano 1/4 X 1 m	2.651	5	13.255
Racor Prestolook 1/8 NPT 1/4 OD	3.650	18	65.700
Silenciadores	1.811	12	21.732
Unidad de mantenimiento	94.120	1	94.120
Tubo Galvanizado	30.400	6	182.400
Compresor	750.000	1	750.000
sensores modelo ER – 318	9.500	18	171.000
soporte y la tornillería para ubicar el sensor	2.000	18	36.000
PLC marca THINGET modelo XC3-48	700.000	1	700.000
Relevadores 12 V	4.500	6	27.000
Personal encargado de diseñar la automatización de la máquina	6.000.000	2	12.000.000
Total	\$ 17.110.707		

Tabla 2: Presupuesto

8 CONCLUSIONES

Al elaborar el esquema de la máquina de serigrafía manual en el software de diseño “Solid Works”, se identificaron que los mecanismos de la máquina de serigrafía manual que son necesarios para realizar el montaje de la automatización de esta, son los brazos mecánicos que contienen los marcos de impresión y el eje central de rotación de la máquina.

Se identificaron y seleccionaron como sensores adecuados para la automatización de la máquina de serigrafía sensores finales de carrera, debido a los bajos costos de compra y mantenimiento de estos, fácil instalación y acondicionamiento y a la alta durabilidad con respecto a otro tipo de sensores.

Se diseñó y simuló el circuito de control para la automatización de la máquina de serigrafía y la programación necesaria en PLC en el software de diseño y simulación “Codesys”, con lo cual se puede apreciar el movimiento aproximado de los cilindros y el motor para realizar el trabajo de estampado de manera automática.

9 BIBLIOGRAFÍA

- **“Riesgos en el sector textil”**
http://www.maz.es/ES/Prevencion/Documents/publicaciones/trip_cuad/15_riegos-en-el-sector-textil.pdf
- **SERIGRAFÍA 4T, Manual “Máquinas para serigrafía”,**
<http://serigrafia4t.com/manual/máquinas#.UEtxobl7oE>
- **SISTEMA IMPRESIÓN SERIGRAFÍA**
<http://cemeyeka.com/imagenes/serigrafia.pdf>
- **ACTUADORES NEUMÁTICOS.**
<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>
- **ELECTRO NEUMÁTICA**
<http://es.scribd.com/doc/23721358/electroneumatica-basica>
- **¿Qué es un PLC?**
[http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo\(PLC\).pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo(PLC).pdf)
- **GRAFCET**
https://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog3.htm;
- **TEXTO ESTRUCTURADO**
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1633__texto_estructurado_structured_text__st.html

- **LADDER, DIAGRAMA ESCALERA**

<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

- **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE INDUSTRIAL**

<http://www.ugtbalears.com/es/PRL/Seguridad/Folletos%20y%20guas/Normas%20b%C3%A1sicas%20de%20seguridad%20laboral.pdf>

- **CILINDROS NORMAS ISO 15552 / ISO 6431 / VDMA 24562**